

01070



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

POSGRADO EN PEDAGOGIA

**LA CONSTRUCCION DE CONCEPTOS
BASICOS DE QUIMICA EN ESTUDIANTES DE
BACHILLERATO Y UNIVERSIDAD**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRIA EN PEDAGOGIA

P R E S E N T A :

SILVIA VALDEZ ARAGON

LIC. QUIMICA FARMACOBIOLOGA

DIRECTORA DE TESIS:

MTRA. MARTHA CORENSTEIN Z.



**DIVISION DE ESTUDIOS
POSGRADO
COORDINADORES**

MEXICO, D. F.

2004



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

1905

2 1 2 2 1

ADICION

1905

1905

Dedico esta tesis a

Mi familia:

A mis tres hijas:

Silvia Karina, Luz Iris Eneida y Sol Eréndira,
mis tres amores, con quienes he compartido este largo proceso.

A mis padres:

José León y Ramona,
quienes han sido el modelo de vida, mis más grandes maestros.
Por su amor incondicional y apoyo permanente.

A mis hermanas y hermanos,

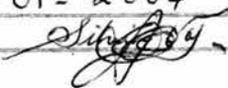
por quienes siento un profundo amor y respeto

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Silvia Valdez

Aragón

FECHA: 08-01-2004

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores y guías:

A los doctores Fernando Flores y Leticia Gallegos,
por su incondicional respaldo académico y su permanente impulso.

Al Dr. Ángel Díaz Barriga,
cuyas enseñanzas trascienden el aquí y el ahora.

A mi directora de tesis, Mtra. Martha Corenstein
por su paciencia y comprensión.

Al Maestro José María García Saiz
Por sus invaluable enseñanzas.

A la Profra. Graciela Montaña,
quien con su sabiduría me enseñó el camino de la enseñanza
y del compromiso educativo

**Agradezco a las instituciones educativas
y académicos de las mismas:**

A mi *Alma Mater*, la Universidad Autónoma de Sinaloa,
por su generosidad y apoyo

Al director de la DGEP, UAS, Dr. José Alberto Monárrez Lerma,
por su comprensión y apoyo institucional e incondicional

Al Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM
por el apoyo institucional que me brindó

A mis compañeras/os de la Academia de Química de la Dirección Gral.
de Escuelas Preparatorias de la UAS
(Javier, Ma. Elena, Guillermo y Eva Delia),
por su apoyo y amistad

A mis compañeras/os del Centro de Ciencias Aplicadas y
Desarrollo Tecnológico de la UNAM por su apoyo y amistad.

Índice

Presentación	i
Capítulo 1. Fuentes más evidentes que se ofrecen como obstáculos en los procesos de aprendizaje en las clases de ciencias	
Introducción	1
1.1 La naturaleza de los procesos de enseñanza en el aula. Los profesores y los métodos de enseñanza	6
1.2 Las prácticas experimentales	12
1.3 La naturaleza de las ideas de los estudiantes	23
1.3.1 Algunas de las características de las ideas previas	26
1.3.2 Algunas causas u orígenes a los que se atribuye la formación de las ideas previas	27
1.3.2.1 Psicológicas y Perceptivas	28
1.3.2.2 La forma en que se desarrollan las clases escolares	28
1.3.2.3 La influencia de los libros de texto	32
1.3.2.4 La influencia de la cultura y la sociedad	34
1.4 El lenguaje y su alto grado de ambigüedad	36
1.5 La naturaleza de la ciencia	40
Capítulo 2. Indagaciones sobre conceptos químicos básicos vinculados al tema de disoluciones	
Introducción	48
2.1 La naturaleza particular de la materia	51
2.2 La conservación de la materia	54
2.3 Los cambios físicos y químicos	60
2.4 Los estados de agregación de la materia	67
2.5 Las disoluciones	70
2.5.1 Conservación de propiedades no observables de la materia	74
2.5.2 La transformación física de sólido a líquido	76
2.5.3 Confusión acerca de las nociones de compuesto químico y mezcla de sustancias	77
Capítulo 3. Análisis de resultados y discusión	
Introducción	81
3.1 Metodología	
Antecedentes	81
El presente estudio	82
Población	82
Instrumentos/método	84
La entrevista	85

Condiciones de desarrollo de las entrevistas	87
Apreciaciones generales sobre el proceso de desarrollo de las entrevistas	89
3.1.1 Sistematización de los resultados de las entrevistas	91
3.1.1.1 Primer nivel de análisis: las ideas previas	92
3.1.1.2 Segundo nivel de análisis: Evolución de los conceptos, por semestre escolar	93
3.1.1.3 Tercer nivel de análisis: categorías en función de los patrones de respuestas de los estudiantes	93
3.2 Análisis de las ideas de los alumnos vinculadas a los conceptos básicos de química. Grupo I	
Introducción	96
3.2.1 Consideraciones generales	96
3.2.2 Utilización de la noción de disolución	99
3.2.3 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de mezcla	102
3.2.3.1 Mezcla homogénea	104
3.2.3.2 Mezcla heterogénea	104
3.2.4 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de compuesto químico	106
3.2.5 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de elemento químico	108
3.2.6 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución	109
3.2.6.1 Agitación (externa o mecánica)	110
3.2.6.2 Reposo	112
3.2.6.3 Tamaño de las partículas del soluto	113
3.2.6.4 Efectos de los cambios de temperatura	114
3.2.6.5 Naturaleza del soluto	117
3.2.7 Ideas de los estudiantes acerca de los métodos de separación de una mezcla heterogénea (agua/cloruro de sodio/limadura de hierro)	118
3.2.8 Discusión	121
3.3 Análisis de las ideas de los alumnos vinculadas a los conceptos básicos de Química. Grupo II	
Introducción	123
3.3.1 Consideraciones generales	123
3.3.2 Utilización de la noción de disolución	125
3.3.3 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de mezcla	129

3.3.3.1 Mezcla Homogénea	132
3.3.3.2 Mezcla heterogénea	133
3.3.4 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de compuesto químico	134
3.3.5 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de elemento químico	136
3.3.6 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución	140
3.3.6.1 Agitación (externa o mecánica)	140
3.3.6.2 Reposo	143
3.3.6.3 Tamaño de las partículas del soluto	146
3.3.6.4 Efectos de los cambios de temperatura	148
3.3.6.5 Naturaleza del soluto	150
3.3.7 Ideas de los estudiantes acerca de los métodos de separación de una mezcla heterogénea (agua/cloruro de sodio/limadura de hierro)	154
3.3.8 Discusión	160
3.4 Evolución por semestre de los conceptos básicos de química en el proceso de disolución	
Introducción	164
3.4.1 Disolución	164
3.4.2 Mezclas	169
3.4.3 Compuesto Químico	171
3.4.4 Elemento Químico	172
3.4.5 Factores que afectan el proceso de disolución	174
3.4.5.1 Agitación mecánica	174
3.4.5.2 Tamaño de las partículas	175
3.4.5.3 Efectos producidos por las variaciones de temperatura	176
3.4.5.3.1 En agua fría	176
3.4.5.3.2 En agua caliente	177
3.4.5.4 Reposo	179
3.4.5.5 Naturaleza del soluto	180
3.4.6 Discusión	182
3.5 Categorías en función de los patrones de respuesta de los estudiantes	
Introducción	184
3.5.1 Conservación	185
3.5.2. Transmutación	189
3.5.3 Macro-micro	192
3.5.4 Materia discreta estática	200
3.5.5 Efectos del calor en el movimiento de partículas	206

Conclusiones	209
Recomendaciones para los docentes de química, nivel bachillerato	216
Referencias bibliográficas	220
Anexos	237
Anexo 1. Conceptos químicos que explican los procesos de las disoluciones agua/azúcar; agua/cloruro de sodio/limadura de hierro.	238
Anexo 2. Relación de entrevistas realizadas, por grupos y semestres escolares.	254
Anexo 3. Protocolo de la entrevista	256
Anexo 4. Entrevistas. Grupo I (2º y 4º semestres de bachillerato y 7º semestre de lic. en biología)	264
Grupo II (3º y 5º semestres de bachillerato y 1º y 5º semestres de lic. en QFB)	274

Presentación

Las tres últimas décadas han sido muy fructíferas en la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, en el ámbito internacional. En relación con los estudios sobre el alumno, se ha trabajado principalmente en el conocimiento de sus concepciones y formas de representación del conocimiento, desde una orientación cognoscitivista y constructivista (Gallegos, L. y Flores, F., 1995); en mayor proporción en los campos de la física y la biología y, en menor cantidad, en química (Pfundt, H. y Duit, R., 1998); en estudiantes desde los niveles básicos hasta la licenciatura y en diversos países (Gabel, D., 1994; Duit, R. y Treagust, D., 1998); incluso los libros de texto en estas disciplinas han sido motivo de varias investigaciones (Peeck, J., 1993; Stucke, A. y Gannaway, S., 1996; Macías, A., Castro, J. y Maturano, C., 1999; Campanario, J. M., 2001; Jiménez, J. D. y Perales, F. J., 2002; Rodríguez, Ma. y Niaz, M., 2002), así como las concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia, el aprendizaje, el dominio conceptual de la disciplina que enseñan, entre otros temas (Duschl, R. y Wright, E., 1989; Lederman, N., 1992; Pomeroy, D., 1993; Widodo, A., Duit, R. & Müller, C., 2003) han sido objeto de estudio.

También se han diseñado programas curriculares específicos para la enseñanza de la ciencia, sobre todo en los niveles de educación básica y medio superior; por ejemplo, Hodson, D. (1999) destaca tres grandes movimientos de la enseñanza de la ciencia y su vinculación con el trabajo de laboratorio: (1) "aprender ciencia haciendo ciencia" (década de los 60's), (2) "aprender sobre ciencia" a través del enfoque de proceso (finales de los 60's en EUA y principios de los 70's en Reino Unido) y (3) "enfoques constructivistas" (década de los 80's y principios de los 90's), sin éxito en ninguno de ellos a la fecha, de acuerdo con las argumentaciones que Hodson, D. plantea. Por su parte, McCormack (1992, en León, A., 1995) identifica cuatro períodos, en Estados Unidos: (1) el inicio (1860-1920), (2) utilitario/libros de texto (1920-1957), (3) la primera revolución en enseñanza de las ciencias naturales

(1957-1978) y (4) la segunda revolución en enseñanza de las ciencias naturales (1980 a la fecha).

No obstante tal dinamismo observado en el ámbito internacional, en relación con la investigación y programas de desarrollo en la enseñanza y aprendizaje escolar de la ciencia, éste no se ha visto reflejado en igual magnitud en México, donde la investigación orientada a la enseñanza y los aprendizajes de la ciencia es aún muy escasa. En la revisión de los trabajos de investigación en este campo realizados en la década 1982-1992, en México, emprendida por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE), se afirma que este campo inició su gestación a finales de los años setentas por lo que fueron muy pocos los trabajos identificados en la década mencionada. En los estudios sobre el alumno se localizaron 33 trabajos, de los cuales sólo 15 cumplieron con los requisitos establecidos¹. De éstos, hubo siete sobre el tema que nos ocupa en esta tesis y de ellos, sólo dos conciernen al nivel bachillerato; y ninguno corresponde al área de química. En la revisión sobre la producción en la siguiente década (1992-2002) para la elaboración del estado del arte, se refleja un desarrollo importante en los trabajos de investigación sobre concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia, tanto en el ámbito internacional como en México². De acuerdo con Gallegos y Flores (2003), en esta década, los trabajos realizados en México están abordando los problemas actuales que corresponden a los reportados en el ámbito internacional.

¹ Ser sistemáticos, claros y con conclusiones. No se consideraron las tesis de licenciatura. (Gallegos, L. y Flores, F., 1995:50).

² Gallegos, L. y Flores, F. (2003). Concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia. En López, Á. (Coord.). Saberes Científicos, Humanísticos y Tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje. Tomo I. El campo de la educación en matemática, 1993-2001. Educación en ciencias naturales. La investigación educativa en México, 1992-2002. (pp 457-507), México: COMIE, SEP, CESU.

En las siguientes tablas se resumen las aportaciones que cubrieron con los requisitos de trabajos de investigación de acuerdo con los lineamientos establecidos al interior del COMIE.

Tabla 1. Trabajos de investigación sobre concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia hechos en México en la década 1992-2002³

Concepciones/ nivel educativo	Física	Química	Biología	Totales
Primaria	-	-	2	2
Secundaria	-	-	1	1
Bachillerato	3	1	2	6
Licenciatura	-	1	4	5
Totales	3	2	9	14

Tabla 2. Trabajos de investigación sobre concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia hechos en México en la década 1992-2002⁴

Otros temas de investigación	Física	Química	Biología	Totales
Libros de texto	4	-	1	5
Concepciones de profesores en formación	1	-	-	1
Seguimiento				1
Desarrollos conceptuales				4
Totales				11

Como puede apreciarse en las tablas, la producción casi se duplicó en la década 1992-2002 y se ampliaron los campos de investigación. Ahora bien, de acuerdo con el tema que nos ocupa, podemos apreciar que tan solo se encontraron dos trabajos sobre concepciones de estudiantes en química, de los cuales uno corresponde a estudiantes de nivel bachillerato, mismo que fue elaborado por la autora de esta tesis (y el grupo de Flores y cols.) el cual a la vez, es el antecedente de la misma.

³ Tabla elaborada por Valdez, S. a partir de la información proporcionada por Gallegos, L. y Flores, F. (2003). Concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia, *Loc cit.* Cabe precisar que no refleja toda la riqueza de análisis que se ofrece en el documento fuente.

⁴ *Ibidem.*

Pasando a detalles sobre los aportes en este campo de investigación en México, podemos afirmar que hay tres grupos muy bien identificados: el de Campos y cols., quienes de manera particular han realizado aportes en el área de la biología y en el de desarrollos conceptuales; también se encuentra el grupo de Slisko, J. y cols., quienes han contribuido en la línea de estudio relacionada con los libros de texto de física de nivel secundaria. Por último, en un tercer grupo donde ha habido mayores aportaciones, por la cantidad y diversidad de temáticas⁵, destacan los trabajos realizados por Flores y cols. (Flores, F., 1999; Gallegos, L., 1988, 2002) en física y en biología (Gallegos, L., Jerezano, M. y Flores, F., 1994; Flores, F., Tovar, M. G., Gallegos, L., Velásquez, M. E., Valdez, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M., 2000). En lo que a química se refiere, cabe precisar que la carencia de publicaciones en revistas arbitradas que den cuenta de las investigaciones son aún más reducidas, encontrándose tan solo dos trabajos (Valdez, S., Flores, F., Gallegos, L. y Hernández, Ma., 1998; Domínguez, A., Rodríguez, M., Flores, F. y Gallegos, L., 2002), con estudiantes de bachillerato y licenciatura en química, respectivamente.

El trabajo más reciente de Flores y cols. puede encontrarse en la página "<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>" consistente en tres apartados: (a) una base de datos donde se agrupan las ideas previas de estudiantes, en física, química y biología encontradas en investigaciones publicadas en revistas arbitradas de circulación nacional e internacional, (b) categorización y análisis de las ideas previas identificadas, por subtemas, niveles educativos y tópicos más investigados y (c) estrategias de enseñanza cuya eficacia ha sido probada a través de alguna investigación. En relación con los estudios sobre profesores de ciencia en México, se conocen los trabajos desarrollados por Flores y cols. (Flores, F., López, Á., Gallegos, L. y Barojas, J., 2000; Flores, F., Gallegos, L., López, Á., Sosa, P., Sánchez, M. C., Alvarado, M. E., Bonilla, X., García, A., Reachy, T., Rodríguez, D., Valdez, S. y

⁵ Principalmente en física, en biología y, en menor cantidad en química.

Valladares, L., 2002; Gallegos, L., Flores, F. y Valdez, S., 2003) y el trabajo de Carvajal, E. y Gómez, M. (2002).⁶

Volviendo a los estados de conocimiento en México, es importante destacar que aunque la investigación en el campo que nos ocupa sigue siendo centralizada⁷, se ha configurado un tercer grupo localizado en Puebla el cual trabaja con libros de texto (Slisko, J. y cols.).

Como puede apreciarse, por el tipo de trabajos producidos en México, éstos tienen correspondencia con las tendencias internacionales, aunque todavía en muy baja cantidad debido en parte a la escasez de grupos de investigación educativa en este campo y a la falta de apoyos para involucrar a una mayor cantidad de participantes.

Existe abundante evidencia empírica en la literatura que respalda la idea de que lo que los alumnos ya saben es un factor clave en el aprendizaje y que esas concepciones previas a la enseñanza no corresponden a las concepciones científicas que se intentan enseñar en las escuelas. Desde una perspectiva constructivista, la cual es predominante en la educación en ciencia, las observaciones o percepciones sensoriales de cualquier tipo, son interpretadas por el receptor; así, los estudiantes construyen sus propios significados de los experimentos que realizan, de las explicaciones de sus profesores, así como de los libros de texto; muchas de las veces, alejados u opuestos a los conocimientos esperados en las clases de química. Treagust, D., Duit, R. & Nieswandt, M. (2000) afirman que, en el ámbito internacional, es necesario ampliar la investigación orientada a una mejor comprensión de las

⁶ Otras investigaciones realizadas en México pueden encontrarse en Waldegg, G. (1995). La Investigación Educativa en los Ochenta Perspectiva para los Noventa. Procesos de Enseñanza y Aprendizaje II, en el apartado referente a las ciencias naturales, producto de la revisión de 208 documentos procedentes de 34 instituciones del país.

⁷ Los dos grupos con mayor producción se encuentran en dos instancias de la UNAM y la mayoría de los trabajos realizados fueron con estudiantes de esta institución. Estos grupos se encuentran en: (1) Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (grupo de Flores y cols.) y en (2) Instituto de Matemáticas Aplicadas y Sistemas (grupo de Campos y cols.).

dificultades de aprendizaje en los principales tópicos de química con un rango más diverso de estudiantes. Esta preocupación es también evidente en México, donde tan sólo se conocen dos trabajos de investigación en esta dirección, publicados en revistas especializadas y arbitradas, como ya se mencionó.⁸

Con la presente tesis se pretende contribuir al desarrollo del campo en relación con las concepciones de los estudiantes, en química, en donde se intenta vincular los saberes pedagógicos con los de la ciencia, particularmente los referentes a conceptos básicos de química vinculados al proceso de disoluciones en estudiantes, procedentes fundamentalmente de dos subsistemas de bachillerato: Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México y escuela preparatoria de la Universidad Autónoma de Sinaloa y de la licenciatura en Químico Farmacobiólogo de esta universidad.

Se eligió el tema de disoluciones para tratar conceptos básicos de la química, ya que la explicación del fenómeno de la disolución demanda de varios prerrequisitos académicos; además, las disoluciones forman parte de la vida cotidiana de los estudiantes, y son un ejemplo de cómo las observaciones empíricas son insuficientes para dar explicación a los procesos que la implican, desde el punto de vista científico. En el presente trabajo se introduce a los estudiantes a un proceso de análisis y abstracción que parte formalmente, de la realización de tres mezclas (dos homogéneas o disoluciones y una heterogénea) para llegar a construcciones conceptuales que expliquen los fenómenos provocados de manera experimental y evocados a través del uso de la entrevista clínica.

⁸ Cabe destacar que si bien en química, la investigación educativa es más escasa, esto se ve notablemente compensado con actividades orientadas al desarrollo educativo, por parte de académicos de la Facultad de química de la UNAM; donde de manera constante se ofrecen diplomados en educación química para profesores de química; se cuenta con una revista que publica artículos especializados y arbitrados (Educación Química) y con un Centro Nacional de Educación Química (de la Fundación Roberto Medellín, S. C.) que promueve una diversidad actividades orientadas a mejorar el aprendizaje de la química (cfr. <http://www.cneq.unam.mx/>).

En síntesis, con este trabajo de investigación se pretende:

- Mostrar las construcciones conceptuales de estudiantes de bachillerato mexicano sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones.
- Determinar algunas de las principales fuentes de complejidad en la comprensión y construcción de explicaciones en torno al tema de los procesos de disolución.
- Derivar algunas recomendaciones para la enseñanza de conceptos básicos de química ligados al tema de disoluciones.

En el capítulo uno se presentan cinco fuentes de dificultad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química, respaldadas en otros trabajos de investigación. Para ello, se parte de la naturaleza de los procesos de enseñanza en el aula y se particulariza en el papel del profesor y los métodos predominantes de enseñanza. Posteriormente se describe cómo las prácticas experimentales predominantes en los sistemas educativos no contribuyen a generar un pensamiento más cercano al de los científicos, sino más bien se centran en una práctica reproductiva, congruente con el tipo de enseñanza en el aula. Una tercera fuente lo constituyen las ideas previas de los estudiantes, de las cuales se cuenta con abundante investigación en la literatura especializada; se describe cuáles son éstas, algunas de las causas de su origen, así como la importancia de tenerlas en cuenta antes, durante y después de los procesos de la clase.

En la enseñanza de la química, una cuarta fuente de dificultad lo constituye el lenguaje y su alto grado de dificultad, ya que en esta asignatura, la simbología, los modelos atómicos, así como las generalizaciones del lenguaje (Ringnes, 1994; Schmidt, 1994a, 1994b, en Gabel, D. 1998) y los libros de texto (de Berg & Treagust, 1993; Staver & Lumpe, 1993, en Gabel, D. 1998), según se ha reportado en la

literatura, contribuyen a la adquisición de ideas erróneas acerca de la conceptualización química. Aunado a esto, un área de la investigación en la educación en química que ha recibido considerable atención por los investigadores, en la década pasada, es la que se refiere a la comprensión de la representación de la materia en los tres niveles: *macroscópico*, *microscópico* y *simbólico*. Para terminar este capítulo, se presentan algunas consideraciones acerca de la naturaleza de la ciencia y su importancia en el aprendizaje de esta disciplina.

En el segundo capítulo se presentan algunos de los resultados de investigación en educación química vinculados al tema motivo de esta tesis; de manera particular, se incorporaron los siguientes temas: la naturaleza particular de la materia, la conservación de la materia, los cambios físicos y químicos, los estados de agregación y, por último, las disoluciones.

En el tercer capítulo se presentan los resultados de la investigación objeto de esta tesis. Éstos se organizaron en cinco apartados; en el primero se da cuenta de la metodología empleada; en el segundo y tercero, se presentan las ideas previas de los alumnos, identificadas para cada uno de los conceptos básicos de química indagados a través de las disoluciones, en los alumnos del grupo I (DF) y del grupo II (UAS), respectivamente. La cuarta sección correspondiente a este capítulo presenta los resultados del análisis de las entrevistas en tópicos y frecuencias, por semestre escolar con el propósito de establecer algunas inferencias referidas a la evolución conceptual y escolar. El tercer y último nivel de análisis de los resultados de las entrevistas, consistió en la elaboración de categorías de análisis, lo que nos permitió hacer algunas interpretaciones acerca de las fuentes de dificultad en la construcción de conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones, en estudiantes mexicanos de bachillerato y licenciatura en biología, y licenciatura en químico farmacobiólogo.

Para terminar este trabajo, se presentan algunas consideraciones finales y recomendaciones de carácter pedagógico.

**FUENTES MÁS EVIDENTES QUE SE OFRECEN COMO
OBSTÁCULOS EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE,
EN LAS CLASES DE CIENCIAS**

CAPÍTULO 1

"Enseñar los conocimientos mínimos de una materia –lo que podríamos llamar aprender a leer en esa materia-, es lo más duro y tedioso. Leer después de que ya se sabe, es gratificante." (Martín S., M., 2000).

Introducción

Las tres últimas décadas han sido muy fructíferas en la investigación referida al aprendizaje de la ciencia (Hierrezuelo, J. y Montero, A., 1988; Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., 1989; Pozo, J. I, Gómez, M. Á., Limón, M. y Sanz, A., 1991; Lloréns, J., 1991; Flores, F. y Gallegos, L., 1993; Gabel, D. y Bunce, D., 1994; Osborne, R. y Freyberg, P., 1995; Gabel, D., 1998). En ellas se ha encontrado que los estudiantes poseen conocimientos respecto a muchos de los contenidos específicos que se pretende que aprendan en la escuela, es decir, no llegan a la clase con la mente en blanco sobre la cual, de una manera relativamente fácil, se podría vaciar la información. También han puesto en evidencia que con los métodos didácticos convencionales, basados predominantemente en la transmisión de saberes desarticulados, de manera verbal, lineal y acumulativa, los estudiantes no logran adquirir los aprendizajes estipulados en los programas escolares. Estos métodos tienen poco o nulo efecto sobre el cambio de las ideas erróneas o sobre el desarrollo de conceptos científicos en los estudiantes (Flores, F. *et al.* 1993; Ayas, A. y Demirbas, A., 1997). Por otra parte, también se ha encontrado que los profesores, muchas veces carecen de rigor científico (Andersson, B., 1990) e incluso utilizan contradicciones en sus explicaciones (Borsese, A., 1998:88). Una tercera fuente de dificultad para el aprendizaje de la ciencia es el lenguaje formal que se utiliza en ésta (Trowbridge y McDermoy, 1981, en Driver, R., 1986:9; Lemke, J. L., 1997); en el caso de química, las fórmulas, los modelos, la simbología, etc., forman parte del cuerpo de conocimientos que los alumnos deberán aprender.

De manera particular, una diversidad de trabajos de investigación (Briggs y Holding, 1986; Nakhleh, M., 1992; Oñorbe, A. y Sánchez, J., 1992; Strömdahl, H., Tullberg, A. y Lybeck, L., 1994; Pozo, J. I. *et al.* 1991) ponen de manifiesto algunas de las dificultades que enfrentan los estudiantes en sus procesos escolares para aprender correctamente muchos de los principios básicos de química. En un informe

de la ACSCE¹ (Yankwich y cols., 1984) se muestra que la ciencia en general, es mal entendida por la sociedad y que la comprensión de la química por parte de la ciudadanía es muy pobre (Cerdán, D., Furió, C., Genovés, J., Hernández, J., Martínez, V. y Navarro, R., 1985:82).

De acuerdo con Miguel Á. Gómez (1996:37), "...las ideas [de los estudiantes] en química y las dificultades en su aprendizaje vienen determinadas fundamentalmente por la interacción de dos factores: la forma en que los alumnos aprenden y se enfrentan a nuevos conceptos... y las características propias de esta disciplina." Ya que en la química se describe la estructura íntima de la materia y sus propiedades, aquello que no podemos ver, ni imaginar, a nivel discreto, lo cual explica su enseñanza se lleve a cabo a través de modelos analógicos y de un lenguaje predominantemente simbólico, entre otras. "Problemas ambos, que son reiterativos en otros trabajos (Lloréns, J.,1991; Gabel, D., 1994, 1998; Furió, C. y Furió, C., 2000).

En una revisión de las investigaciones realizadas a nivel internacional, en el tópico de enseñanza, en el campo de la química, Dorothy Gabel (1998:233) inicia su reseña de la siguiente manera:

"La enseñanza y el aprendizaje de la química son esfuerzos humanos muy complejos. Una de las razones se debe a la complejidad de la química en sí misma; además de que muchos conceptos están altamente relacionados a otros; por tanto, el aprendizaje de hasta los conceptos químicos relativamente simples es dependiente de prerrequisitos conceptuales. La comprensión conceptual de la química, requiere que el aprendiz relacione varios modos de representación de la materia y las interacciones que ésta sufre. Por ello, los estudiantes encuentran en la química uno de los cursos más difíciles, en los niveles de secundaria y licenciatura."

¹ Annual Comprehensive Site Compliance Evaluation.

La misma terminología empleada en la presentación de los textos de química se ofrece como una dificultad para su correcto aprendizaje. Por ejemplo, se habla de *peso atómico*, lo cual es incorrecto, ya que no se trata de peso, sino de una *masa relativa*. Otro término polisémico, por tanto impreciso, que da lugar a errores de reconceptualización y de aplicación es el de *elemento químico* el cual, de acuerdo con el contexto, se le utiliza como sinónimo de *sustancia simple* o como un conjunto de *átomos* o *iones* del mismo número atómico que forman parte de una sustancia (Caamaño, A., 1998).

En cuanto a la nomenclatura química, por ejemplo, a pesar de que existen organismos internacionales que establecen las normas para nombrar a las magnitudes físicas y químicas, a los símbolos y a los compuestos químicos; éstas conviven a veces con nombres triviales o tradicionales que obviamente no corresponden a la normatividad vigente (Caamaño, A., 1998; Strömdahl, H. *et al.* 1994).

En los textos de química, también es recurrente, la sinonimia o uso de diferentes términos para designar un mismo concepto. Por ejemplo, tres diferentes nombres son empleados para designar lo mismo: disoluciones, soluciones y mezclas homogéneas, en algunos casos sin aclararlo.

Todo ello, aunado al de por sí complejo conocimiento científico, dado su alto grado de abstracción, deriva en una deficiente comprensión de esta disciplina.

Una de las premisas que es derivada de las investigaciones para la enseñanza de las ciencias es la necesidad de partir de las ideas previas de los alumnos sobre los temas científicos que se les enseñan en los centros escolares y a partir de ellas:

- a) Organizar nuevos diseños de enseñanza (Osborne, R. *et al.* 1995); Novick, J. y Nussbaum, J., 1981; Jiménez, G., Solano, M. y Marín, M., 1994).
- b) Contar con información relevante para interpretar los sucesos que tienen lugar en el aula (Driver, R., 1986; Treagust, D., Duit, R. y Nieswandt, M., 2000; Widodo, A., Duit, R. y Müller, Ch., 2003).
- c) Los profesores tengan puntos de partida sobre los procesos de aprendizaje directamente vinculados a los temas indagados (Doran, R., 1972; Driver, D. *et al.* 1989; Coll, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé I. y Zabala, A., 1995).

Todo lo anterior, orientado a producir cambios en los estudiantes, tanto en lo conceptual como en lo procedimental y actitudinal.

En este capítulo se pretende dar cuenta de algunas de las dificultades en el aprendizaje de la ciencia, en especial, en química. Para ello se parte de una contextualización documentada a partir de reportes de investigación en el tema.

A continuación se presentan cinco de las fuentes más evidentes que se ofrecen como obstáculos en el proceso de aprendizaje en las clases de ciencias: (1) la naturaleza de los procesos de enseñanza en el aula, (2) las prácticas experimentales, (3) la naturaleza de las ideas de los estudiantes, (4) el lenguaje y su alto grado de ambigüedad, y (5) la naturaleza del conocimiento científico. No es que sean los únicos, sino que son los que se encuentran más relacionados con el tema de indagación de este trabajo.

1.1 La naturaleza de los procesos de enseñanza en el aula. Los profesores y los métodos de enseñanza

No obstante las múltiples críticas que desde hace varias décadas se han venido haciendo a los métodos de enseñanza frontal o tradicionalista², y a las evidencias que diversas investigaciones han puesto de manifiesto sobre lo nocivo que resulta ser ese enfoque didáctico, lo cual se traduce en bajos niveles de aprovechamiento (Coombs, P., 1978; Tirado, F., 1986; Guevara, G., 1992), siguen siendo aún predominantes en el sistema educativo mexicano. Esta situación rebasa las fronteras (Gómez, M. Á., Latorre, A. y Sanjosé, V., 1993); por ejemplo, Wilson, J. (1999) destaca que ha habido muchos llamados para que en la educación se haga énfasis en el desarrollo del orden superior del pensamiento y un razonamiento relevante sobre dominios específicos de ciencia; la cuestión, dice, es que la distancia entre el currículo oficial promulgado y el currículo del salón de clases, se mantiene inalterada. Wilson, J. (1999) precisa que el modo dominante en la enseñanza de la ciencia de secundaria superior, permanece centrado en el docente, a pesar de la retórica de las políticas curriculares y la literatura de educación en ciencia.

Cabe mencionar que a fines de la década de los 80s se publicaron una serie de estudios sobre los factores que inciden en el desempeño de los docentes con participación de muestras de profesores de educación básica de tres países: Argentina (314 maestros), Brasil (323 maestros) y México (299 maestros)³ y, entre otros resultados se destaca, en relación con este tema, que el enfoque tradicional - maestro protagonista y alumno pasivo- se pone de manifiesto tanto en los pocos profesores que respondieron que la principal cualidad de un maestro es que "el

² Dirigidos a un alumno promedio predominantemente memorista, alejados de los procesos de significación y comprensión conceptual; donde la repetición mecánica de conceptos ocupa un lugar prioritario, con soporte en una transmisión dogmática de saberes (Schiefelbein, E., Braslavsky, C., Gatti, B. y Farrés, P., 1994).

³ Cfr. Schiefelbein, E., *ibidem*, p. 8.

alumno aprenda" (no hubo datos para Argentina, 25% de Brasil y 21 % de México), como los que señalan que su expectativa al ingresar a la docencia fue "enseñar a los niños" (74%, 65%, 69%).

También, Novak, J. D. (1988:218) en sus estudios sobre aprendizaje escolar, ha encontrado que en las escuelas o universidades "existe un casi ubicuo, pernicioso, omnipresente positivismo" y que tal modelo de instrucción y evaluación "correcto/incorrecto, verdadero/falso", justifica y recompensa el modelo de aprendizaje repetitivo y, a menudo, "penaliza el aprendizaje significativo". La educación científica actual raramente logra desarrollar el espíritu crítico, ya que es una enseñanza donde se obliga a creer "a ciegas" verdades que se consideran acabadas y por tanto, incuestionables, que habrán de repetirse hasta su memorización, tal como se aprende el catecismo (Giordán, A., 1993; Lemke, J., 1997).

Otros autores (Yager, R. y Penick, J., 1986, en Lloréns, M., 1991:19) precisan que en los estudiantes existe un desinterés progresivo por aprender ciencia conforme avanzan en el sistema educativo. Esto se debe, según Gil, D. y Carrascosa, J. (1985, en Gil, D., 1993:201) a que los maestros emplean lo que ellos denominan "metodología de la superficialidad" o del "sentido común" (Hashweh, M., 1986:201-2, en Gil, P., 1993) caracterizada por la ausencia de dudas a cambio de respuestas rápidas y seguras cuya base es la evidencia del sentido común y a la cual se encuentra muy vinculada la irracionalidad, ya que todo proceder, por escaso sentido que tenga, tiene cabida; además, destaca la inmediatez en la obtención de conclusiones a partir de unas pocas observaciones cualitativas poco rigurosas (Furió, C. *et al.*, 2000:301) que deriva en el aprendizaje por "dogma de fe". Un ejemplo de esto, citado por Pozo, J. I. *et al.* (1991), es el formulismo asignificativo en que se ha convertido la enseñanza de la química, que tan solo sirve a los alumnos para asumir una actitud de desinterés por el aprendizaje de esta disciplina. Esta metodología es opuesta a la concepción hipotética del conocimiento científico y a la necesaria

reflexión para poner en cuestión las evidencias de sentido común (Furió, C. *et al.*, 2000:301) y dejar claro que los fenómenos se explican a partir de varias causas (variables independientes) que actúan y producen un efecto determinado, y no a partir de explicaciones lineales causa-efecto donde se considera tan solo una de las variables.

Barnes, D. (1969:28-29, en Osborne, *et al.* 1995:64) después de estudiar el desarrollo de las lecciones de ciencia en algunas escuelas de Inglaterra afirma que los profesores:

"Lejos de contribuir a salvar las diferencias entre su marco de referencia y el de ellos (los alumnos), el lenguaje del profesor actúa como una barrera... a ellos (los alumnos) se les deja con su propia experiencia inmediata... la situación de otros miembros de la clase menos clarificados sólo cabe intuirlos... el profesor, atemorizado ante la repentina visión del vacío que los separa, sigue dando clase a toda prisa, tal como se la había planteado... él enseña según su marco de referencia, y los alumnos aprenden según los suyos... captando unas palabras que quieren decir para ellos algo diferente y luchando por incorporar este significado a su propio marco de referencia".

Así, por ejemplo, cuando los profesores usan palabras del lenguaje común, como, enlace (químico) o elemento (químico), asignándoles un significado científico, éste no siempre es compatible con los significados que los estudiantes les están atribuyendo; en muchos casos, sin que el profesor se percate de ello. Así, la palabra enlace, generalmente es empleada como sinónimo de unión, conexión entre dos o más entidades físicas; en cambio, en química su significado es de naturaleza más abstracta y está descrito en términos de fuerzas que actúan entre los átomos o iones las cuales son de tal índole que conducen a la formación de un agregado con suficiente estabilidad, considerado para el químico como una especie molecular

independiente.⁴

Por otra parte, de acuerdo con Treagust, D. (2000:1160), los profesores cambian de manera extrema los conceptos científicos difíciles, durante su explicación, ya que en el proceso de la clase, pueden influir muchos factores. Él identificó a cuatro de ellos:

- a) El *contenido*. (Importancia de los conceptos en el curso) si se trata de una idea central o general, si es una ley, teoría o hipótesis, si es relacional o instrumental, si el nivel del contenido es micro o macro, etc.
- b) El *contexto*. Tipo de escuela (elite, normal, alternativo), el currículo y el programa de estudios, los libros de texto y los materiales usados en el salón de clase, tiempo y recursos disponibles, expectativas de los padres de familia y de la sociedad, las estructuras escolares.
- c) Los *estudiantes*. Edad y habilidades, actitudes hacia el aprendizaje, su concepción de ciencia, conocimientos en otras áreas, fuentes potenciales de analogías y metáforas, estilos de aprendizaje preferidos, dinámicas del grupo, motivación e interés, influencia cultural, habilidades de lenguaje.
- d) Los *profesores*. Sus concepciones de ciencia, experiencia pedagógica, conocimientos acertados o no, preferencias fundamentales, su experiencia en la asignatura, el estilo de explicación, sus dilemas en el control de la educación.

⁴ A medida que dos átomos de hidrógeno se aproximan y se forma un enlace, los átomos están sujetos a una fuerza atractiva. Esta fuerza atractiva se debe a que, cuando están próximos, tienen menor energía que cuando están alejados. Es como si los átomos estuvieran conectados por un resorte que los atrajera hacia una región de menor energía potencial. Esta menor energía es lo que se denomina enlace químico. Química. Curso Universitario. Mahan y Mayers, en http://platea.pntic.mec.es/~jrodri5/definiciones_com.htm (noviembre 25, 2003).

Lo más sorprendente, según Treagust, D. (2000), es que muchos profesores de ciencia, consistentemente producen explicaciones elegantes y satisfactorias, con poco cuidado y pocos recursos.

Actitudes como la anterior, no dejan más salida que la memorización asignificativa de los contenidos que se enseñan en clase y, consecuentemente, el pronto olvido de los mismos. Esto se da preferentemente en la enseñanza centrada en el currículo, la cual conlleva a que los alumnos jueguen un papel pasivo en el proceso de la clase restringiéndose a tomar notas de manera predominante y a repetir la información como loros cuando se les demanda. Las recompensas en este modelo de aprendizaje son externas, tales como la motivación por las altas notas, grados y no en el deseo personal por aprender y la realización o desarrollo personal.

Las limitaciones del aprendizaje basado en la memorización de conceptos y algoritmos se ponen de manifiesto en investigaciones que reportan que los estudiantes que basan su aprendizaje en la memorización, no construyen una comprensión coherente de los tópicos científicos, ni elaboran estructuras cognitivas de razonamiento mediante los problemas científicos (Eylon, B. & Linn, M., 1988, en BouJaoude, S., 1992). Por otra parte, tales prácticas dejan entrever una concepción acumulativa, estática y autoritaria de la ciencia, la cual es concebida como un conjunto de conocimientos y hechos que deben ser memorizados. Por el contrario, un punto de vista dinámico de la ciencia propone que el conocimiento científico es tentativo y que la mejor forma de comprenderlo es a través de la comprensión de lo que significan las ideas científicas y cómo ellas están relacionadas (Songer, N. y Linn, M., 1991, en McComas, W., Clough, M. y Almazroa, H., 1998).

Para terminar este apartado, es importante destacar que algunos investigadores como Tullberg, A., Strömdahl, H. y Lybeck, L. (1994:155), como producto de sus trabajos de investigación llevados a cabo tanto con estudiantes, como con profesores y libros de texto, han encontrado que "las concepciones de los

estudiantes son un reflejo (eco) de las concepciones de los profesores y de aquellas comunicadas a través de los libros de texto”, lo cual pone en evidencia lo complejo del problema, sobre todo si ambos (profesores y libros de texto) representan las principales fuentes de conocimiento para los estudiantes; más grave aún es el hecho de encontrar errores de tipo conceptual en los libros de texto, dado que son el medio a través del cual los profesores, y en muchos casos también los estudiantes, adquieren la información que será procesada en clase.

Cabe precisar que ha habido diversos intentos orientados a mejorar la práctica docente. Entre otras acciones, destacan los cursos de actualización de profesores en servicio a los que asisten año tras año; sin embargo, a la hora de la clase se encuentran trabajando de la misma forma como lo habían venido haciendo siempre; ya que tan sólo adaptan los nuevos materiales y técnicas a los patrones tradicionales. Esto pone de manifiesto que la transformación de la enseñanza habitual de las ciencias demanda algo más que el reconocimiento de algunas de sus más visibles carencias o de la introducción de innovaciones referidas a un solo aspecto de la enseñanza.⁵

En este trabajo se pretende articular algunos de los diversos aspectos implicados en la enseñanza de conceptos básicos de química vinculados al tema de las disoluciones, para su enseñanza en el nivel bachillerato.⁶

⁵ Cfr. Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasaola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M. y Pessoa, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), p. 312.

⁶ Ver el apartado de sugerencias, al final de esta tesis.

1.2 Las prácticas experimentales

La adquisición de conocimiento científico puede ser justificada como la construcción de un sistema coherente de explicaciones de eventos naturales y el reconocimiento de una extensa e intensa empresa humana que intenta dar sentido al universo. Esta justificación implica que el conocimiento supondrá la comprensión y valoración de los hechos y explicaciones de la ciencia y el compromiso hacia ellos y el propósito central de las actividades desarrolladas en el laboratorio es el de apoyar el aprendizaje para que se produzca una profunda comprensión de esos factores y explicaciones (White, R., 1996).

Que en los currículos de las clases de ciencias se programen prácticas de laboratorio, es un valor entendido; incluso, a algunas de las asignaturas correspondientes se les agrega la leyenda "con laboratorio", por ejemplo: "química con laboratorio"⁷; asimismo es común decirles "ciencias experimentales", lo que significa que su enseñanza involucra no sólo la conceptualización teórica, sino, de manera inherente, la parte experimental. No obstante, en los currículos de ciencia, se aprecia una contradicción: generalmente se destina una cantidad de tiempo para la enseñanza teórica y otra, que por lo general es mucho menor, para la práctica⁸. Tal organización del tiempo curricular, implica cuando menos dos cuestiones: 1) la sobrevaloración de la teoría respecto de la práctica y 2) la separación de la enseñanza de la ciencia en dos procedimientos: uno teórico, que se realiza en el salón de clases y otro práctico, que, por lo general, se lleva a cabo fuera del aula, es decir, en el laboratorio.

⁷ Cfr. DGEP (1984). Curriculum del Bachillerato de la UAS. Proyecto de Reforma. Culiacán, Sinaloa: DGEP, UAS. 139 pp.

⁸ En el currículo del bachillerato de la Universidad Autónoma de Sinaloa se destina una hora de práctica experimental por cada seis de clases teóricas, lo que equivale a sólo un 16.66% del tiempo total a la experimentación práctica (DGEP (1984). *Ibidem*).

Además, es muy generalizado el hecho de que sean distintos actores los responsables de la conducción de uno y otro procedimiento⁹, lo que amplía la separación teoría-práctica. Esto quizá tenga que ver con una visión empirista del conocimiento, donde a través de un procedimiento intuitivo, sin más apoyo contextual y de conceptualización de los datos empíricos, se cree que se va a dar el conocimiento, lo cual no compartimos en este trabajo, ya que el significado de la información generada a través del experimento lo proporciona la teoría con que el sujeto lo interpretará, o sea, que los datos empíricos en sí mismos poseen poco o nulo valor didáctico; si no se acompañan del entramado conceptual de una teoría científica (Matthews, M., 1994; White, R., 1996) integrado a la vez, coherentemente, a los procedimientos científicos, tales como el planteamiento de problemas, hipótesis, verificación experimental, registro, análisis, interpretación, sistematización, presentación del informe, entre otros; huelga decir que los estudiantes sólo estarán en condiciones de captar los aspectos fenomenológicos de los experimentos.

Al respecto, Hodson, D. (1999:57) afirma que "No se puede descubrir algo para lo que no se está preparado conceptualmente. No se sabe dónde mirar, cómo mirar o cómo reconocer algo cuando se encuentra."

Si la ciencia escolar es tan solo el aprendizaje de hechos e interpretaciones de ciertos ejercicios prácticos rutinarios, cabría preguntarse si tienen algún mérito el esfuerzo y alto costo implicados (Van, G., 1983, en White, R., 1996:763).

Un ejemplo de lo anterior se pone de manifiesto en un estudio sobre las clases prácticas de física, llevado a cabo por Moreira, M. (1980, citado por Hodson, D., 1994) quien encontró que los estudiantes, con frecuencia llevan a cabo ejercicios en clase teniendo sólo una ligera idea de lo que están haciendo, sin apenas

⁹ En México son excepción de esta organización, los Colegios de Ciencias y Humanidades de la UNAM, donde la enseñanza de las ciencias experimentales, se desarrolla en aulas-laboratorio. Un grupo escolar se divide en dos y cada uno es atendido por un profesor a cargo.

comprender el objetivo del experimento o las razones que han llevado a escoger tal o cuál práctica, y con escaso entendimiento de los conceptos subyacentes. Parece que estén haciendo poco más que “seguir unas recetas”. En el mejor de los casos, afirma Moreira, estas actividades son una pérdida de tiempo y lo más probable es que causen confusión y resulten hasta contraproducentes.

Tamir, P. y Luneta, V. (1981, en Tamir, P., 1998:771) diseñaron un esquema comprensivo para analizar las investigaciones de laboratorio: The Laboratory Assessment Inventory (LAI). En el empleo del LAI, encontraron que casi todas las investigaciones se encuentran altamente estructuradas. Rara vez, si es que nunca, los estudiantes son invitados a formular una interrogante para ser investigada, a formular una hipótesis para su comprobación, a predecir resultados experimentales, a trabajar de acuerdo con sus propios diseños, a formular nuevas cuestiones (preguntas) basadas sobre su propia investigación, o a aplicar una técnica experimental adquirida en la investigación realizada.

Además, cabe destacar que al igual que no todas las horas/clase programadas se cumplen, tampoco las prácticas de laboratorio, lo que viene a reducir aún más la interacción del alumno con la parte experimental.¹⁰

Ahora bien, en el aprendizaje de las ciencias, el modelo de enseñanza en el aula es muy similar al papel que se juega en el laboratorio donde las actividades experimentales se realizan de manera rutinaria, expositiva y demostrativa coartando las posibilidades que ofrece la evidencia fenomenológica para interactuar con las predicciones e interpretaciones de los estudiantes como generadores de dudas y de inquietudes heurísticas para la explicación teórica documentada de los fenómenos.

¹⁰ En una investigación realizada por Ávila, G. (1997:63), al aplicar un cuestionario a una muestra de 1.25% del universo de estudiantes de bachillerato de la UAS, ante la pregunta “En el ciclo escolar pasado 1993/1994 ¿Cuántas prácticas realizaste?”, un 46.2% respondió que más de cinco, un 32.2%, que de una a cinco, 10.1%, que ninguna y un 11.5% no contestaron.

Al igual que la clase teórica, la clase práctica ha sido muy cuestionada, tanto por los profesores, como por los investigadores y los diseñadores de la política educativa; además de que, en México, tanto en el nivel de educación básica, como en el medio superior, ha sido un renglón bastante desatendido¹¹, ya que o no hay laboratorios y, donde los hay, están desprovistos de los equipos, materiales y sustancias indispensables para la realización de las prácticas, por un lado, y por el otro, se tiene que "...aunque los estudiantes perciben el laboratorio como un lugar donde están activos...muchos son incapaces de establecer la conexión entre lo que están haciendo y lo que están aprendiendo (tanto en términos de conocimientos conceptuales como de conocimientos relativos al procedimiento)" (Hodson, D., 1994:306).

Hay que tener presente que los métodos de la ciencia son mucho más complejos que el simple control de variables. Los científicos realizan muchas cosas y no están de acuerdo en que existe un único método de indagación. Popper, K., Kuhn, T. y Lakatos, I., han provocado un debate acerca de cómo se produce el conocimiento y cómo son extendidos los nuevos conocimientos (en White, R., 1996:764).

En cuanto a los objetivos que los profesores pretenden con las prácticas de laboratorio, éstos son dispares, como se muestra en el trabajo realizado por Lynch, M. (1987, en Hodson, D., 1994:300) y por White, R. (1996:762).

Shulman, L. y Tamir, P. (1973, en White, R., 1996:762), después de revisar listas de objetivos publicados en los años 1960s, los agruparon en cinco categorías: habilidades, conceptos, habilidades cognitivas, comprensión de la naturaleza de la

¹¹ En el ciclo escolar 1994-1995 un 9.08 % del universo de escuelas preparatorias de la UAS no cuentan con instalaciones de laboratorio, mucho menos de equipo y reactivos; sólo un 36.36% de las escuelas tiene laboratorio de química y un 42.42% tiene laboratorio multidisciplinario donde se realiza prácticas de química, física y biología (Ávila, G., 1997), lo que redonda en menos posibilidades de experimentación, amén de las múltiples carencias de toda índole.

ciencia, y actitudes. Lo cual calificaron como un amplio abanico de propósitos que se traduce en una dificultad para los profesores quienes tienen que perseguir todos esos propósitos al mismo tiempo. Hodson, D. (1993, en White, R., 1996:762) precisa que las prioridades que los profesores asignan a tales propósitos afectan la forma en que ellos usan el laboratorio.

En un estudio más reciente, Hodson, D. (1994:300) encontró que las valoraciones que los profesores tienen en relación con las prácticas de laboratorio son diversas; éstas las agrupó en cinco bloques que ponen en evidencia la disparidad de propósitos que los maestros asignan a las prácticas de laboratorio:

- "Para motivar, mediante la estimulación del interés y la diversión.
- Para enseñar las técnicas de laboratorio.
- Para intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos.
- Para proporcionar una idea sobre el método científico y desarrollar la habilidad en su utilización.
- Para desarrollar determinadas "actitudes científicas", tales como la consideración con las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados."

Cada una de las anteriores aseveraciones son puestas en cuestión por Hodson, D. (1994:304), quien considera que "...el trabajo práctico, tal como se lleva a cabo en la actualidad, plantea demasiadas barreras innecesarias que dificultan el aprendizaje (demasiadas interferencias)." Este autor considera necesaria una reconceptualización del trabajo práctico, ya que éste es, dice, conceptualizado de modo dicotómico, es decir, es *sobreutilizado e infrautilizado*. Es *sobreutilizado* porque los profesores hacen uso del laboratorio como algo normal y no como algo extraordinario al considerar que contribuirá al logro de los objetivos de aprendizaje; y es *infrautilizado*, porque sólo en escasas ocasiones se aprovecha completamente su potencial, ya que "...gran parte de las prácticas que ofrecemos están mal

concebidas, son confusas y carecen de valor educativo real" (p. 304).

Por estas razones, Hodson, D. (1994) considera que el trabajo práctico no debía reducirse a lo que se realiza en el "banco del laboratorio", sino que debería extenderse a una diversidad de actividades prácticas, tales como: el uso de los ordenadores, la realización de entrevistas, debates, representación de papeles, escribir tareas de diversos tipos, hacer modelos, carteles, álbumes de recortes, investigaciones documentales, hacer fotografías y vídeos, ya que un currículo de ciencias, filosóficamente válido y pedagógicamente razonable, debe contemplar la realización de una gama de métodos de aprendizaje y enseñanza mucho más amplios de la que se ha empleado con regularidad en el nivel secundario.

En relación con la crítica que los profesores hacen a las actividades que se realizan en los laboratorios escolares, se encuentran dos posturas sobresalientes y a la vez encontradas entre sí. En tanto que algunos se quejan de lo escasas que son las prácticas experimentales, otros, no le atribuyen mayor relevancia y más bien, las consideran como una pérdida de tiempo. El papel irrelevante del trabajo desarrollado por los estudiantes en el laboratorio, se hace más manifiesto en el momento en que los profesores asignan las calificaciones, proceso en el cual queda marginado el desempeño de los estudiantes en el trabajo experimental.

Es esto una agenda pendiente, al menos en las escuelas preparatorias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, donde ha habido varios intentos fallidos consistentes en la propuesta de fórmulas para la asignación de las calificaciones del curso que incluyan tanto el valor del desempeño de los estudiantes en el laboratorio como en la clase teórica. Un 70% de los profesores de química del bachillerato de la UAS que fueron encuestados (Ávila, G., 1997:111) respondió que la actividad experimental es escasa y que no se aprecia su influencia en el aprendizaje; ellos

atribuyen este problema tanto al diseño de las prácticas como al contenido¹² y al método que se sigue en su realización; los alumnos son simples espectadores debido a que los experimentos se realizan de manera demostrativa; al decir por los laboratoristas esto es debido, por un lado, a lo reducido del tiempo/práctica que es de 50 minutos y, por el otro, a la gran cantidad de alumnos que se atiende de manera simultánea, siendo en algunos casos hasta de 60; otro problema es la carencia de materiales, reactivos y lo inapropiado de las instalaciones, lo que deriva en el desinterés de los involucrados: laboratoristas, profesores y estudiantes.

Además, frente a los problemas descritos y, probablemente muy ligado a ellos, es el desfase existente entre la teoría y las prácticas experimentales así como la reducción de éstas a la comprobación de la teoría. También es recurrente observar acciones sobreprotectoras hacia los estudiantes al anteponer el peligro que representa el manejo de sustancias peligrosas por su posibilidad de provocar explosiones, quemaduras, intoxicaciones, etcétera, evitando en los estudiantes su conocimiento y adecuado manejo. Frente a esta conducta, es importante tener presente que uno de los objetivos del trabajo en el laboratorio es desarrollar en los estudiantes habilidades para realizar movimientos finos, tanto en la precisión como en el cuidado, en las mediciones y manipulaciones de diversas sustancias y materiales (White, R., 1996). Woolnough, B. (1983, en White, R., 1996) argumenta que el real uso del laboratorio tiene como propósito el desarrollo de habilidades, para enseñar cómo trabajar como un científico y adquirir sensibilidad hacia los fenómenos y preguntarse o dudar de las creencias.

Los problemas anteriormente descritos se ofrecen como un mecanismo que frena o bloquea la posibilidad de abrir camino hacia una didáctica basada en un enfoque constructivista del aprendizaje; entendida ésta en términos de potenciar y

¹² Esto parece un tanto contradictorio, ya que los cambios en los planes y programas de estudio son discutidos en las academias respectivas, antes de ser aprobados y aplicados en todas las escuelas.

desarrollar en los estudiantes las habilidades intelectuales propias de la disciplina que le conduzcan a la construcción de saberes, procedimientos y actitudes, con énfasis en el carácter activo del aprendizaje y como producto de una construcción personal y social.

Uno de los intentos por cambiar las formas tradicionalistas de recepción pasiva de contenidos escolares en el ámbito de las ciencias experimentales ha sido el impulso al trabajo del laboratorio.

“La idea de buscar en la realización de abundantes trabajos prácticos la superación de una enseñanza puramente libresco y la solución a las dificultades en el aprendizaje de las ciencias cuenta con una larga tradición” (Lazarowitz, R. y Tamir, P., 1994, en Gil, D. *et al.*, 1999:314). La generalidad de los profesores de ciencias, contemplan el paso hacia una enseñanza eminentemente experimental como una especie de “revolución pendiente” (Gil, D. *et al.*, 1999), permanentemente dificultada, en la mayoría de los países, por factores externos (la falta de instalaciones y de material adecuado, el excesivo número de alumnos, el carácter enciclopédico de los currículos, etcétera).

Para terminar, es necesario ahondar que de acuerdo con White, R. (1996) existen no existen evidencias suficientes de que en los laboratorios se promueva una mejor comprensión de los métodos de la ciencia y de las abstracciones y procesos, se establezcan vínculos entre los tópicos y se motive a los estudiantes hacia el aprendizaje de la ciencia. Sobre todo porque “...las prácticas de laboratorio aparecen como 'recetas' que transmiten una visión deformada y empobrecida de la actividad científica (Hodson, D., 1985 y 1992b; Gené, A., 1986, Gil, D. y Payá, J., 1988, en Gil, D. *et al.*, 1991; Payá, J., 1991, González, E., 1994, Salinas, J., 1994, en Gil, D. *et al.*, 1999:314), lo que deriva en un ejercicio automatizado: los estudiantes participan en el laboratorio siguiendo instrucciones sin pensar acerca de los propósitos de cómo el experimento se relaciona con la información que ellos ya han aprendido. También es

motivo de crítica que en el laboratorio escasamente se trabajan problemas reales, extraídos de la vida cotidiana de los estudiantes.

No obstante que en la literatura no emerge una visión simple y universalmente aceptada de la ciencia, Hodson, D. (1986, en Prieto, T., Blanco, Á. y González, F., 2000:35) ha encontrado algunos aspectos relevantes a ser tenidos en cuenta en el currículo de ciencia y especialmente, en la planeación y desarrollo de los procesos experimentales; éstos son:

1. "La observación depende en buena medida de las percepciones sensoriales, las cuales son imperfectas y, por ello, falibles.
2. La observación se realiza dentro del marco de una teoría.
3. La ciencia utiliza la observación indirecta y ésta, a su vez, depende de una teoría de la instrumentación.
4. La observación no proporciona acceso directo al conocimiento, por lo que se han de llevar a cabo interpretaciones a la luz de las creencias teóricas actuales.
5. Los conceptos y las teorías son producidos más por actos creativos de abstracción e invención que por procesos de generalización inductiva a partir de la observación.
6. Las teorías se justifican frecuentemente *post hoc* por la evidencia experimental pero, para que una teoría sea aceptada, debe existir una (concebible) evidencia que la apoye.
7. Teorías rivales pueden dar lugar a observaciones diferentes cuando confrontan un mismo fenómeno.
8. El conocimiento científico posee un *status* temporal. Los conceptos y las teorías cambian y se desarrollan, algunas son rechazadas.
9. La inducción es inadecuada como descripción del método científico."

De acuerdo con Prieto, T. *et al.* (2000:35-36) estas premisas ofrecen un alto potencial para superar un modelo de método científico basado en el esquema: hechos → leyes → teorías, cuyas características permean la enseñanza de la ciencia en las escuelas, a saber:

- "La imagen propugnada por el realismo ingenuo, que considera la ciencia como un cuerpo de conocimiento objetivo, exacto e independiente de las personas, que está ahí a la espera de ser descubierto por un avezado investigador al igual que un buscador de oro encuentra pepitas.
- La aceptación acrítica de la naturaleza objetiva de las observaciones, sin tener en cuenta que las interacciones del mundo están guiadas por la teoría (lo que se considera importante, lo que se puede medir, los instrumentos de medida...).
- La impresión de que unos pocos experimentos u observaciones pueden bastar para aceptar o rechazar una teoría. Esta trivialización sobre la dificultad histórica del cambio conceptual en la ciencia no contribuye a favorecer el desarrollo de intervenciones que ayuden a los alumnos en sus propios procesos de cambio conceptual.
- Una descripción simplista del método científico que puede dar la imagen de un procedimiento mecánico, con una falsa objetividad. Las hipótesis son presentadas como despersonalizadas (como probadas, aceptadas o rechazadas, sin participación del factor humano que decide entre lo que significa una prueba adecuada o inadecuada, un buen o un mal resultado)
- Una visión distorsionada de la relación entre teoría y experimento, según la cual el uso del experimento para criticar la teoría es hurtado incluso como parte del trabajo práctico escolar. La mayoría de las actividades de tipo práctico se llevan a cabo para ilustrar las teorías mostrando su veracidad y, al final del experimento, existe una

respuesta correcta disponible para determinar el éxito o fracaso del mismo."

Es importante destacar que la concepción de ciencia que sustenta el profesor es determinante en los procesos de organización e instrumentación de su trabajo docente.

Coll, C. *et al.* (1995:16), al describir el aprendizaje desde un enfoque constructivista, precisan que el proceso de aprender significativamente consiste en un "... proceso que conduce a la integración, modificación, establecimiento de relaciones y coordinación entre esquemas de conocimiento que ya poseíamos, dotados de una cierta estructura y organización que varía, en nudos y en relaciones, a cada aprendizaje que realizamos." Se trata de un aprendizaje significativamente memorizado y funcional, útil para seguir aprendiendo; de una construcción personal de saberes, orientada por el currículo y dirigida por el profesor, hacia la aproximación de lo culturalmente establecido, para su adecuada comprensión y estar en posibilidades de usarlos en múltiples contextos y de formas variadas.

Generalmente, los profesores organizan y desarrollan la clase a partir de dos suposiciones: a) los alumnos cuentan con los antecedentes académicos y habilidades indispensables para aprender los contenidos del nuevo programa, y b) los estudiantes "no saben nada". Ninguna de las dos posiciones es adecuada, ya que no podemos dar por hecho que los estudiantes que aprobaron el curso antecedente cuentan con los conocimientos y habilidades establecidos en el programa aprobado, como tampoco podemos considerarlos como una "tábula rasa". Esto se presenta de entrada como un obstáculo en el proceso de aprendizaje, ya que los estudiantes, ni llegan a la clase con la mente en blanco, ni con los saberes mínimos o básicos que se supone deben saber de acuerdo con el nivel educativo en que se encuentran, como se verá más adelante.

1.3 La naturaleza de las ideas de los estudiantes

Por otra parte, las ideas de los alumnos en materias científicas, de acuerdo con las investigaciones sobre el tema en las dos últimas décadas (Hierrezuelo, J. *et al.* 1988; Driver, R. *et al.* 1989; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Osborne, R. *et al.* 1995; Carretero, M., 1997; Duit, R. y Treagust, D., 1998; Flores, F. 1999; Flores, F., Tovar, M., Gallegos, L., Velásquez, M., Valdez, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M., 2000), ponen de manifiesto que desde antes de ingresar a la escuela, los estudiantes construyen significados de muchas de las palabras que se utilizan en la enseñanza de las ciencias; han elaborado representaciones del mundo que se relacionan con los temas de ciencia que se enseñan en la escuela. De acuerdo con Flores, F. (1999:231), la importancia en su investigación radica en que son distintas a las explicaciones científicas y, además, porque "no son simples ideas que se cambien al enseñar ciencia en la escuela". Una de las explicaciones dadas al respecto es la de Bybee, R. (1990) quien considera que muchas personas mantienen profundos vínculos emocionales con sus explicaciones del mundo y que la confrontación con otra explicación opuesta provoca más emoción que análisis racional por lo que tenemos tendencia a aferrarnos tenazmente a nuestra idea y buscamos pruebas que la sustenten, en vez de pruebas que la modifiquen o refuten.

Así, la construcción de las ideas previas tiene que ver con la necesidad de dar sentido a los fenómenos naturales y conceptos científicos, actividad que deriva en explicaciones, descripciones y predicciones. Por otro lado, la construcción de las ideas previas está asociada a explicaciones causales (Pozo, J. I., 1989), en la construcción de esquemas relacionales.¹³

Flores, F. (1999:100) precisa que el estudio pionero de las ideas previas es el

¹³ Cfr. <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>

realizado por Viennot sobre las concepciones de los estudiantes universitarios vinculadas a la dinámica elemental; éste fue publicado en 1979. No son atribuibles a J. Piaget, dice, porque su trabajo no se centró en el desarrollo propio de los conceptos y sus diferencias o semejanzas con la física escolar, sino más bien en cómo los sujetos a través de su interacción fenomenológica construyen esquemas generales asociados a procesos lógicos para construir sus estadios operacionales.

Las ideas que los alumnos construyen de manera personal sobre la representación de los fenómenos han recibido varias denominaciones que corresponden a posiciones epistemológicas diferentes¹⁴. Estas posiciones van desde las "teorías intuitivas" (McCloskey, M., 1983); los "preconceptos" ausbelianos, o las "concepciones erróneas" (Helm, H. y Novak, J. 1983), que ponen énfasis en el carácter científicamente equivocado o escasamente elaborado de las ideas de los alumnos; a la "ciencia de los alumnos" (Osborne, R. y Freyberg, P., 1980; Gilbert, J., Osborne, R. y Fensham, P., 1982, en Pozo, J. I. *et al.* 1991), las "concepciones espontáneas" (Pozo, J. I. y Carretero, M., 1987), las "teorías en acción" (Driver, R. y Erickson, G., 1983) que enfatizan el carácter personal de esas construcciones. También se les ha llamado "teorías ingenuas" (Caramazza, A., McCloskey, M. y Green, B., 1981), "concepciones alternativas" (Gilbert, J. y Swift, 1985, en Pozo, J. I. *et al.*, 1991), "esquemas alternativos" (alternativas *frameworks*) (Driver, R. y Easley, M., 1978, en Pozo *et al.* 1991), "representaciones mentales", "ciencia de los niños" (*pupils' science*) (Osborne, R. y Cosgrove, M., 1983), "errores conceptuales" (*misconceptions*), "conocimiento del sentido común", "representaciones ingenuas"

¹⁴ Cfr. Gilbert, J. K. and Watts, M., 1983, en Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1988). La Ciencia de los Alumnos. Su Utilización en la Didáctica de la Física y la Química. Barcelona: Laia, Ministerio de Educación y Ciencia, p.13; Andersson, 1986; Furió, 1986; Gilbert y Watts, 1983, en Pozo, J. I., Gómez C., M. A., Limón, M. y Sanz S., A. (1991:28). Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: las Ideas de los Adolescentes sobre la Química, Madrid: CIDE; Jiménez, Solano y Marín (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 12 (2), 235-245 y Flores, F. (1999). Estructura y Procesos de Inferencia en las Ideas Físicas de los Estudiantes: Modelos Semiformalizados sobre Ideas Previas. Tesis Doctoral, UNAM.

(Larkin, 1983), entre otras.¹⁵

Un estudio comparativo, a partir de una revisión bibliográfica de los términos utilizados por investigadores y educadores en ciencias de "lo que el alumno sabe", es el realizado por Jiménez, G. *et al.* (1994:236) quienes reportan que en los trabajos analizados se encuentra una serie de regularidades, entre las que se destacan las siguientes:

1. La mayoría de los trabajos se llevaron a cabo incorporando la entrevista individual (10 de 18 referencias), a partir de situaciones o sucesos en temas científicos.
2. Las respuestas de los estudiantes son analizadas, categorizadas y jerarquizadas, en la mayoría de los trabajos (14 de 18).
3. La jerarquización obedece al criterio de cercanía o distanciamiento de las ideas de los estudiantes y el conocimiento científico.
4. Ninguno de los trabajos revisados interpreta las explicaciones de los alumnos.

Dichos autores también enfatizan en la escasez de trabajos que incorporen la evolución ontogénica de la fenomenología estudiada. Es excepción, el trabajo de Albert, E. (1978, en Jiménez, G. *et al.* 1994).

En este trabajo, les llamaremos ideas previas, en el entendido de que los estudiantes las construyen antes de tener contacto con la enseñanza de los temas científicos que se desarrollan en las escuelas.

¹⁵ Tomadas de los autores citados.

1.3.1 Algunas de las características de las ideas previas¹⁶

Es importante destacar que los profesores de educación en ciencias deben tener conocimiento de las siguientes características de estas ideas que interfieren en los procesos de enseñanza y aprendizaje escolar:

- Son difíciles de identificar y explicitar ya que forman parte del conocimiento implícito de los alumnos, es decir, no se construyen de manera consciente y razonada.

- Son creencias.

- Son construcciones personales.

- Son específicas de dominio, es decir, se refieren a un tema en concreto.

- Son incorrectas desde el punto de vista científico.

- Pueden ser contradictorias, sin que el sujeto se percate de ello.

- Se ha encontrado que sujetos procedentes de distintos medios culturales tienen representaciones e interpretaciones similares frente a una misma tarea.

- Muchas de estas ideas se encuentran influenciadas por la percepción y la experiencia cotidiana del alumno.

- Son coherentes desde el punto de vista del alumno, son muy estables y con frecuencia permanecen inalterables durante la enseñanza en ciencia.

- Tienen un grado de coherencia y solidez variable: pueden configurar representaciones difusas y más o menos aisladas o pueden formar parte de un modelo mental explicativo.

- Son similares en estudiantes de distintos contextos socioculturales.

¹⁶ Tomadas de Driver, R. *et al.* (1989); Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1988); Pozo, J. I. *et al.* (1991); Carretero, M. (1997); Osborne, R. *et al.* (1995); Flores, F. (1999).

Algunas características de los enunciados de los estudiantes que pueden considerarse como ideas previas, deben (Flores, F., 2000:21):

Especificar una acción (por ejemplo: *la presión jala a los objetos*)

Especificar una condición (por ejemplo: *en el vacío no hay gravedad*)

Determinar una equivalencia (por ejemplo: *la presión es una fuerza*)

Describir una relación (por ejemplo: *los objetos más pesados caen más rápido*)

En sí, las ideas previas, son "enunciados donde se hace alusión a la interpretación de un proceso" (Flores, F., 2000:22).

1.3.2 Algunas causas u orígenes a los que se atribuye la formación de las ideas previas¹⁷

A lo largo de la vida, los individuos experimentan una diversidad de interacciones con el medio físico, social y cultural que van conformando su estructura cognoscitiva. Las interpretaciones que los individuos hacen de los fenómenos naturales generan ideas y concepciones sobre los mismos, que afectan al proceso de aprendizaje escolar.

Se han identificado cuatro fuentes principales de generación de ideas previas: (a) psicológica y perceptiva, (b) la forma en que se desarrollan las clases escolares, (c) los libros de texto y (d) la influencia de la cultura y la sociedad.

¹⁷ Fueron tomadas de Hashwed, M. (1986, en Hierrezuelo, J. *et al.* (1988:17); Pozo, J. I. *et al.* (1991:68) y Gallegos, L. (1998:34).

1.3.2.1 Psicológicas y Perceptivas

Atribuible a que los sujetos tienden a considerar únicamente las pruebas que confirman sus hipótesis en lugar de buscar aquellas otras que les ayudarían a falsearlas. En este sentido se trata más bien de hipótesis-postulado y no de hipótesis-conjetura, precisan Hierrezuelo, J. *et al.* (1988), ya que para los estudiantes, sus afirmaciones son ciertas en sí mismas y, por tanto, no tendrían por qué someterlas a comprobación.

Los alumnos basan sus descripciones a partir de las características observables del problema. Ejemplo: la materia es observada directamente como continua y estática, por tanto, a nivel submicroscópico, se les complica comprender su discontinuidad y dinamismo. Los estudiantes también tienden a describir las moléculas como si tuvieran las mismas propiedades observables de las sustancias. Así, las moléculas de piedra son duras, las moléculas de hielo son frías, las moléculas de aire son más ligeras que las moléculas de agua y así sucesivamente. También los estudiantes tienden a describir las moléculas como recibiendo (sufriendo) los mismos cambios observables de las sustancias. Así, las moléculas empiezan a moverse cuando: el hielo se funde en agua, las moléculas de agua son calentadas y hacen hervir el agua, o se expanden las moléculas, se contraen, se funden, evaporan, condensan, y así sucesivamente (Lee, O., Eichinger, D., Anderson, Ch., Berkheimer, G. y Blakeslee, T., 1993).

1.3.2.2 La forma en que se desarrollan las clases escolares

Hashwed, M. (1986, en Hierrezuelo *et al.* 1988:17) señala que la gran mayoría de los profesores desconocen las ideas previas, y que, incluso, a veces mantienen ideas muy semejantes a las de sus alumnos razón por la que, en muchas ocasiones, generan ideas científicamente erróneas (Andersson, B., 1990, Pozo, J. I. *et al.*

1991:68; Strömdahl, H. *et al.* 1994). En el trabajo realizado por Haidar, A., y Abraham, M. (1991:296) con estudiantes de bachillerato encontró que hubo evidencias (desde las respuestas de los estudiantes) de que la instrucción es una fuente de concepciones alternativas. Pero ello no significa que la enseñanza estuviera basada en hechos incorrectos. En la enseñanza de la química, comúnmente se emplean recursos y analogías con los que se intenta simplificar las tareas de los estudiantes en aras de la comprensión de los modelos químicos. Los estudiantes pueden fácilmente interpretar erróneamente (o tomar también de la literatura) esos mecanismos o recursos pudiendo resultar concepciones alternativas (Harrison, A. y Treagust, D., 1996). Algunos ejemplos sobre esto, son los siguientes, reportados por Haidar, A. *et al.* (1991:296), en su investigación con estudiantes de bachillerato.

a) *Los átomos que están formando el azúcar se rompen y dispersan en el agua.* (Disolución)

b) *Las partículas del azúcar se separan y diseminan. El agua causa que esto suceda.* (Disolución)

c) *El colorante alimenticio se combina con las moléculas del agua para formar una nueva sustancia.* (Difusión)

Dichos investigadores precisan que en todos los ejemplos propuestos, puede ser que a través de la enseñanza se contribuya a la formación de las concepciones alternativas de los estudiantes (p. 227):

a) En el primer caso, frecuentemente los profesores de química usan el término romper para referirse a la estructura del cristal, por ejemplo.

b) En el segundo ejemplo, los químicos con frecuencia hablan de una sustancia actuando sobre otra sustancia; cuando realmente significa una interacción

entre sustancias.

c) Tercer ejemplo. En relación con el cambio de color, éste es usado por los profesores de química como evidencia que indica que una nueva sustancia se ha formado.

No siempre la fuente de las ideas previas de los estudiantes que provienen de la enseñanza se debe a que los profesores sostienen también ideas alternativas respecto de los conceptos que se enseñan, sino que, con mucha frecuencia, en el afán de simplificar la complejidad de los mismos, los profesores simplifican demasiado los conceptos y ofrecen a los estudiantes concepciones limitadas o erróneas, en muchos de los casos. Por ejemplo, en la enseñanza de la química es muy común emplear recursos y analogías para facilitar en los estudiantes la comprensión de los modelos químicos, sin tener en cuenta que los estudiantes pueden interpretarlos de manera errónea y generar concepciones alternativas (Haidar, A. *et al.* 1991; Harrison, A. *et al.* 1996).

Por su parte, F. Reif, F. (1985) precisa que en la educación tradicional se usan métodos de enseñanza donde se enseñan conceptos y principios, mostrando el concepto; se ejemplifica en casos especiales y se resuelven problemas y, que la aplicación de este método no es muy efectiva ni eficiente, ya que conlleva a graves y grandes errores, a confusiones y a la generación de ideas previas erróneas, así como a la incapacidad de aplicarlos a determinadas situaciones cotidianas.

Por otra parte, las escasas investigaciones referidas a las ideas previas de los profesores en ciencia es probablemente "un trayecto que evita las sugerencias de que los profesores tienen ideas erróneas o una excepcional sutileza en el manejo de las concepciones de la ciencia" (Goodwin, A., 1995:108, en Valanides, N., 2000:250; White, R., 1996:762), de este modo, el conocimiento de los profesores acerca del tema y sus concepciones en relación con el fenómeno que ellos enseñan pueden

aumentar o limitar el aprendizaje de los estudiantes.

En el trabajo realizado por Borsese, A. (1998) con 29 profesores (anglosajones, argentinos, italianos y de otras nacionalidades europeas) para conocer sus opiniones acerca de si consideraban que existe una diferencia sustancial entre un cambio químico y uno físico, al analizar la forma en que expresaron sus respuestas pudo notar una falta de rigor científico, indeterminación en sus ideas e incluso contradicciones, tanto en los profesores de educación secundaria como en los de nivel terciario (universidad).

Por su parte, Osborne, R. (1995:63) afirma que cuando el profesor tiene ideas poco claras, es más probable que trate, consiente o inconscientemente, de oscurecer su falta de comprensión del tema utilizando un lenguaje técnico. También precisa que algunos de los profesores que fueron observados durante el desarrollo de su investigación, tenían ideas bastante confusas acerca del tema que enseñaban.

Otros estudios que se condujeron en diferentes contextos, de acuerdo con Valanides, N. (2000), concluyeron que los profesores muestran un vasto rango de ideas erróneas similares a las mostradas por sus estudiantes. Cuando los profesores estaban menos informados sobre los temas de enseñanza, dependieron marcadamente de las preguntas de bajo nivel y dieron menos oportunidades para hablar a sus estudiantes.

Las ideas erróneas surgen de cualquier modo (Valanides, N., 2000), no sólo desde el contacto de los estudiantes con el mundo físico y social (Driver, R. *et al.* 1989), desde los libros de texto (Strömdahl, H. *et al.* 1994; Beltrán, F., Assensa, G., Badino, M., Haub, R., Klein, M., López, M., Medeiros, L., Mitta, A., Muñoz, M., Pereyra, M. y Rico, C., 1999), sino también como un resultado de la interacción de los estudiantes con los profesores (Strömdahl, H. *et al.* 1994).

En la aproximación constructivista de la enseñanza y el aprendizaje, también se reconoce el papel que juegan en estos procesos, el conocimiento previo de los aprendices por lo que la indagación de sus ideas previas (y las de los profesores) es una tarea importante para la enseñanza de la ciencia.

1.3.2.3 La influencia de los libros de texto

Una de las principales fuentes de información para la enseñanza de la química la constituyen los libros de texto. No obstante, en las dos últimas décadas se ha hecho notoria la problemática que presentan estas obras, en varios de sus aspectos.

La relevancia acerca de los problemas de diversa índole encontrados en los libros de texto, por estudiosos en el campo de la enseñanza de la ciencia, se ha visto reflejada en la variedad de publicaciones, en donde se refleja una diversidad de problemáticas, a saber, entre otras:

(a) errores de orden conceptual (Beltrán, F. *et al.*, 1999);

(b) el planteamiento de algunas de las actividades calificadas como poco convencionales (Campanario, J., 2001);

(c) la identificación de algunas variables que afectan la comprensión de textos de física (Macías, A., Castro, J. y Maturano, 1999);

(d) la presentación de la historia de la ciencia (química), en términos críticos (Rodríguez, M. y Niaz, M., 2002);

(e) la gran cantidad y diversidad de conceptos, términos o símbolos científicos

(entre 7 y nueve por página) los cuales son estudiados en poca profundidad y propician frustración, tanto en los profesores como en los estudiantes; en tal sentido, se concluye que el currículo de ciencia debe incluir la enseñanza de procesos, habilidades para enseñar a nuestros estudiantes a buscar, localizar e interpretar los nuevos términos y conceptos (Stucke, A. y Gannaway, S., 1996) y

(f) la forma en que son presentadas las ilustraciones con las que se intenta hacer más entendibles las teorías y conceptos (Peeck, J., 1993; Jiménez, J. y Perales, F., 2001), entre otros.

Por ejemplo, en relación con el último problema mencionado (g), Jiménez, J. *et al.* (2001) señalan que en muchos de los libros de texto de física y química analizados, la argumentación visual es abusiva, ambigua o errónea y, en el mejor de los casos, advierten que su efecto sobre el aprendizaje será nulo, ya que, según indican, el error se encuentra en la pretensión de sustentar el conocimiento científico, fundamentalmente, en una combinación entre la evidencia experimental y el sentido común, así, a través de las imágenes se trata de presentar como evidencias lo que en muchos casos son interpretaciones basadas en la teoría que se quiere demostrar.

Para el caso particular de los libros de química, Jiménez, J. *et al.* (2001) argumentan que las confusiones en la enseñanza conceptual y teórica, se presentan no sólo porque se trata de una ciencia que se ocupa de las pequeñísimas e invisibles partículas que constituyen la materia (átomos, moléculas, iones), lo que la vuelve eminentemente abstracta, de manera que para su exposición o enseñanza se recurre a modelos y fórmulas. Por si eso no fuera suficiente en la complejidad de su comprensión y aprendizaje, las teorías y conceptos desarrollados en los libros de texto, incluso los de nivel universitario, de acuerdo con estos autores, presentan algunas limitaciones y problemas que son obstáculos potenciales para el

aprendizaje. En el libro *Manifestaciones de la Materia*¹⁸, por ejemplo, los editores al extraer una parte de un texto para destacarla, lo hacen cometiendo un error conceptual¹⁹. También, existen errores de impresión; en este mismo libro, no aparecen las páginas comprendidas entre 49-62. Cabe precisar que dicho libro se publicó, sin consultar a su autor antes de enviarlo a la imprenta para que autorizara las modificaciones de tipo editorial.

Por su parte, Brody (1992, en Peeck, J., 1993) precisa que muchos estudios presentan que la retención del contenido del texto es mejorada por las ilustraciones y ofrece varias sugerencias para mejorar el papel de éstas en los libros de texto.

Tomar en cuenta los resultados de las investigaciones al respecto, se advierte como una necesidad durante los procesos de elaboración de los libros de texto. O, al menos, tenerlos en cuenta durante los procesos de lectura de los textos académicos para advertir a los estudiantes acerca de los errores en que podrían incurrir.

1.3.2.4 La influencia de la cultura y la sociedad

En muchos casos mantienen ideas contrapuestas al saber científico y las transmiten a través de los diversos medios de comunicación y de la educación y socialización. Se trata que los individuos asimilen las creencias sobre numerosos hechos y fenómenos, compartidas por su grupo social. Un contexto social induce o favorece cierto tipo de ideas que se transmiten a través del lenguaje.

Conocer y tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes es de gran relevancia si se desea ayudarles a relacionar sus ideas con las experiencias de

¹⁸ García S, José Ma. (2003). *Manifestaciones de la Materia*. México: Santillana.

¹⁹ El texto dice: "Este hecho nos ha llevado a considerar el vidrio no como un sólido cristalino sino como un líquido sobreenfriado..." (cfr. *Ibidem*, p. 24, en letras negras); el editor escribe: "El líquido se considera un sólido sobreenfriado" (cfr. *Ibidem*, p. 25, en letras rojas).

aprendizaje que se le proponen, de manera que termine introduciendo las nuevas ideas en su pensamiento (Osborne, R. *et al.* 1995).

En tal sentido, se espera que los estudiantes construyan los nuevos conocimientos a partir de los que ya poseen. Sobre todo si se reconoce que los recientes desarrollos en el campo de la psicología cognoscitiva sugieren que el aprendizaje por parte de los estudiantes, de materiales complejos (como es el caso de los contenidos de la química) tiene lugar a través de la organización y reestructuración imaginativa de experiencias anteriores, más que a través de la asimilación de nueva información (Driver, R., 1986; Novak, J., 1988).

O sea, en la interpretación de los fenómenos, el sujeto recurre a sus esquemas conceptuales, los cuales son "intersubjetivos" y se relacionan entre sí; éstos los utiliza para descubrir, predecir y explicar los sucesos fenomenológicos (Driver, R., 1986). Por tanto, se reconoce que el aprendizaje está asociado a la reestructuración de estos esquemas conceptuales a partir de las nociones intuitivas iniciales o ideas previas.

Es importante tener presente que las ideas previas, como toda conceptualización que explica o predice un suceso, requiere, para su transformación de un proceso complejo, donde deben cumplirse diversas condiciones como el reconocimiento de anomalías, insatisfacción con las explicaciones o predicciones personales, así como la aceptación y mínima comprensión de otras posibles explicaciones (Strike, K. y Posner, G., 1985) y, tener en cuenta que dicha transformación requiere de pasar por diversos niveles o etapas, de ahí que la transformación de las ideas previas sea un proceso lento y gradual; el proceso es muy complejo, ya que en él intervienen diversos factores (<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>).

1.4 El lenguaje y su alto grado de ambigüedad

Las diversas asignaturas que se estudian en los sistemas educativos se distinguen entre sí por el vocabulario especializado que emplean para introducir a los estudiantes en la comprensión del área de conocimiento correspondiente, desde un punto de vista científico. Esto implica el aprendizaje de lenguajes diferenciados para cada disciplina. En este sentido, el uso de los nombres más específicos y que proporcionan la mayor cantidad de información descriptiva y sistemática es vital para facilitar el aprendizaje y evitar confusiones, pues en ocasiones, una misma palabra tiene significados diferentes en las diversas disciplinas.

Lo anterior se torna más complejo, si consideramos que no existe unificación de criterios en relación con el significado de algunos términos, dentro de una misma disciplina; tal es el caso que reporta Herron, J. (1978:394)²⁰ en su artículo denominado "Los términos químicos están bien definidos?" donde expone los resultados de la aplicación de un cuestionario escrito en cuya resolución participaron, de manera voluntaria, estudiantes graduados de la universidad de Produe, químicos no docentes, químicos que enseñan en escuelas secundarias y estudiantes de la licenciatura en química. En el instrumento se intentaba explorar la aplicación de los conceptos: disociación e ionización a través de su identificación en los procesos expresados a través de reacciones químicas previstas. Los resultados ponen de manifiesto que no todos los químicos están de acuerdo con el significado de ionización.

Para los químicos experimentados, esto no importa, ya que para ellos el significado es usualmente claro dentro de un contexto. Sin embargo, esto puede no ser verdad para los principiantes. El mismo autor se pregunta, cuando enseñamos

²⁰ Herron, J. (1978). Response to "Are chemical terms well defined?". Journal of Chemical Education, 55(6), 393-4.

química, ¿explicamos en qué sentido usamos una palabra? y responde que quizás al usar palabras como ionización, valencia, disociación, en diferentes sentidos, podríamos hacer más esfuerzos para explicar a los estudiantes que dichos términos son usados para significar cosas diferentes.

Al menos, los estudiantes podrían ser advertidos y no del todo confundidos, cuando en su segundo semestre en la universidad, los profesores usen un término en sentido diferente al que se le dio en el semestre antecedente o al que se le dio en su bachillerato.

El uso correcto del lenguaje científico es otra de las dificultades con que se enfrentan los estudiantes en su paso por la escuela, entre otras causas, porque en ciencia se utilizan muchos términos de índole cotidiana, pero con significados diferentes o más específicos; son algunos ejemplos de esto, en química, las palabras: "elemento", "precipitación", "familia", "periodo", "polar", "fase", "compuesto", "mezcla", "sustancia", "partícula", entre otras. Así por ejemplo, la palabra partícula es comúnmente utilizada para referirse a una parte muy pequeña y visible de un material sólido, en tanto que en química se emplea para designar a los átomos, moléculas o iones (Garritz, A., 2000), todos invisibles al ojo humano dada su extraordinaria pequeñez.

Barnes, D. (1976, en Osborne, R., 1995:63) pone de manifiesto que ante la insistencia de los profesores sobre el uso correcto de las palabras, los alumnos prestan mayor atención a éstas que a los conceptos; de esta manera,

"los niños pueden aprender a usar expresiones que "suenan" a científicas y a deletrear y pronunciar unas palabras que, sin embargo, carecen de significado para ellos. 'Tuvimos que aprender a deletrear fotosíntesis para pronunciarla correctamente, lo cual nos llevó muchísimo tiempo, pero ni siquiera nuestro profesor podía explicarnos qué significaba fotosíntesis'. (Alumno de 16

años...)"

Lloréns, J. *et al.* (1989)²¹ precisan que los términos científicos que se usan en la enseñanza básica (primaria y secundaria) "...proceden del lenguaje ordinario, tras un complejo proceso de diferenciación y precisión semántica de los significados etimológicos o del uso ordinario." Y, que la relación entre los conceptos ordinarios y los científicos puede ser muy variada: y va desde los términos iguales con significados distantes ("polar", "fase", "reductor"), hasta los que tienen acepciones cercanas ("enlace", "equilibrio"). Esta coincidencia de términos usados en el lenguaje corriente y en el científico es una de las causas de la aparición de las ideas previas durante el proceso de aprendizaje de los conceptos científicos (Caamaño, A., 1998).

Otros términos científicos pasan a ser usados en el lenguaje ordinario conservando en mayor o menor medida su significado original; citan como ejemplo, la palabra "átomo", y sus derivados "atomístico", "atomizar", los cuales, dicen, son usualmente empleados en contextos no científicos, lo que deriva en una mayor dificultad para su comprensión (Lloréns, J. *et al.* 1989).

A propósito de lo anteriormente dicho, Östman, L. (1999) hace hincapié en que la enseñanza de la definición de conceptos supone el uso de palabras, mismas no van asociadas automáticamente con una idea, una definición, un concepto, etcétera, es decir, que si se quiere que los estudiantes vinculen una idea científica con una palabra, se tiene que encontrar una forma de conseguir que el interlocutor - estudiante- asocie dicha palabra con la idea científica. La fijación del significado, dice, se logra mediante las reglas que gobiernan y constituyen el lenguaje científico, y serán esas reglas las que ayuden a crear un discurso.

Otra confusión derivada de la diferenciación semántica en el propio contexto

²¹ Lloréns, J., De Jaime, M. y Llopis, R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 111-119.

científico, señalada por Lloréns, J. *et al.* (1989:113) y Caamaño, A. (1998:5) es el cambio de significado que van teniendo algunos términos a lo largo de la historia; Caamaño pone como ejemplo, el término "átomo", el cual tiene un significado diferente en la Filosofía Natural griega al que se le asigna en la química moderna.

En varios conceptos inventados por los científicos, que sólo son empleados para explicar el contexto en que fueron creados, se tiene que los estudiantes no cuentan con ideas previas al respecto, sino que éstas han sido desarrolladas a partir de una enseñanza insuficiente o al empleo de estrategias de enseñanza inadecuadas, por ejemplo, en el caso de mol, esto es muy recurrente.²²

El cuidado de los profesores en el uso de un lenguaje preciso es primordial también para no caer en el hecho de dotar de características humanas o animales a los objetos o conceptos científicos, es decir, en antropomorfismos; así por ejemplo, en afirmaciones como "los átomos tratan de obtener una compartición de ocho electrones" (Garnett, P. *et al.* en Garritz, A., 2000:291).

Más allá del origen de las ideas previas de los estudiantes, es de vital importancia que los profesores sepan que existen y que además conozcan cuáles son éstas en sus estudiantes, en cada uno de los tópicos de enseñanza con el propósito de que se diseñen y desarrollen estrategias didácticas que las tomen como punto de partida y a través de contraevidencias y contrargumentos se pase de las nociones existentes a su transformación hacia un conocimiento basado en principios aceptados científicamente.

La ciencia es una disciplina cuyo objetivo es comprender el cómo y el por qué de los fenómenos naturales, lo cual hace a través de explicaciones a las que se les

²² Furió, C., Azcona, R. y Gisasola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. Enseñanza de las Ciencias, 17, (3), 359-376.

denomina *teorías científicas* (Duschl, R., 1997) y a través de la enseñanza de la ciencia escolar se pretende que los estudiantes comprendan mejor cómo se entretajan los conceptos de la ciencia en el conocimiento científico, lo que derivaría en una comprensión de los mismos, en el desarrollo de destrezas cognitivas superiores (análisis en profundidad, síntesis y evaluación) y en el desarrollo de variadas habilidades intelectuales.

En tal dirección, se considera que otro de los aspectos fundamentales en el aprendizaje de la ciencia está constituido por la naturaleza de ésta.

1.5 La naturaleza de la ciencia

De acuerdo con Lederman, N., McComas, W. y Matthews, M. (1998), desde inicios del siglo pasado, se ha reconocido que la naturaleza de la ciencia es una importante meta en la enseñanza en ciencia. Estos autores también ponen de manifiesto que a la fecha, no obstante que ha crecido el número de investigaciones y de artículos publicados en esta dirección, los profesores en las aulas no han cambiado sustancialmente; ante esta situación, ellos se preguntan ¿Cuál parece ser el problema? Y responden que los profesores de ciencia persisten en representarse una ciencia altamente idealizada, de manera estereotipada. Por otra parte, también reconocen que hay inconsistencia acerca de cómo es presentada la ciencia en los libros de texto, ya que en la mayoría de éstos, la naturaleza de la ciencia se muestra de manera breve y de forma inadecuada, al iniciar el capítulo y luego, en el resto del libro se presenta una ciencia distorsionada, positivista y terminal (es decir, la ciencia como verdad absoluta). Posiciones éstas que se pretende deberían estar superadas por los profesores de ciencia, y orientadas hacia el valor de la investigación en los procesos de aprendizaje, hacia la naturaleza de las explicaciones y hacia el carácter de la observación en ciencia y en su enseñanza.

Existe abundante literatura donde se documentan las concepciones erróneas de los estudiantes en relación con la naturaleza de la ciencia (Lederman, N., 1992; Meyling, H., 1997). Por ejemplo, Ryan, A. y Aikenhead, G. (1992, en McComas, W. *et al.* 1998:516) recolectaron las respuestas de más de dos mil estudiantes de bachillerato y concluyeron que éstos confundieron ciencia con tecnología y fueron sólo superficialmente conscientes del lado público y privado de la ciencia y del efecto que los valores tienen en el conocimiento científico. Ellos reportaron que de los estudiantes que participaron en esta investigación:

- 46% sostuvo puntos de vista de que la ciencia podría descansar sobre la intervención de una divinidad;
- Sólo el 17% estuvo completamente seguro del carácter inventivo del conocimiento científico;
- 19% sostuvo que los modelos son copias verdaderas de la realidad;
- Sólo un 9% seleccionó un punto de vista contemporáneo de que los científicos "usan algún método con el cual obtienen resultados favorables"; y
- 64% expresó una jerarquía simplista de relaciones en las cuales las hipótesis resultan en teorías y éstas en leyes, dependiendo de la cantidad de "pruebas detrás de la idea".

Los errores significativos que tanto estudiantes como profesores sostienen en relación con la naturaleza de la ciencia, representan una importante justificación para incluir esta temática en los cursos de ciencia y en los programas de formación de profesores de ciencia.

Los resultados arrojados por la investigación en este campo revelan que en general, los alumnos de secundaria, además de que no tienen una concepción adecuada de la naturaleza de la ciencia, tampoco han desarrollado un razonamiento científico y, para muchos de ellos, el conocimiento científico es absoluto y el objetivo

primordial de los científicos es el de descubrir leyes naturales (que ya se encuentran en la naturaleza de manera latente). Esta visión de la ciencia y del quehacer científico deriva en una visión absolutista, simple y primitiva de la naturaleza de las teorías científicas, las cuales son consideradas como hipótesis que pueden ser verificadas y probadas hasta convertirse en leyes. Esto pone de manifiesto que hay mucho por hacer en esta dirección, desde la clarificación acerca de lo que es ciencia y cuál es la naturaleza del conocimiento científico y, a la vez, buscar los procedimientos y adecuaciones pertinentes a los diversos niveles educativos.

Un consenso de los puntos de vista de los objetivos de la naturaleza de la ciencia, extraídos de ocho Documentos Estándares de ciencia internacional, presentados por McComas, W. *et al.* (1998:513), son:

- El conocimiento científico, aunque duradero, tiene un carácter tentativo.
- El conocimiento científico depende profundamente, pero no totalmente, de la observación, la evidencia experimental, los argumentos racionales y el escepticismo.
- No hay un camino para hacer ciencia (por lo tanto no hay un método científico etapa-por-etapa).
- La ciencia es un intento (tentativa) para explicar los fenómenos naturales.
- Las leyes y teorías cumplen diferentes roles en la ciencia; por lo tanto, los estudiantes deben notar que las teorías no llegan a ser leyes aún con adicionales evidencias.
- La gente de todas las culturas contribuye a la ciencia
- El nuevo conocimiento debe ser abierto y claramente reportado
- Los científicos requieren mantener registros precisos, revisiones de sus pares y replicabilidad.
- Las observaciones están cargadas de teoría.
- Los científicos son creativos.

- La historia de la ciencia revela un carácter tanto evolutivo como revolucionario.
- La ciencia es parte de las tradiciones sociales y culturales.
- La ciencia y la tecnología se influyen una a la otra.
- Las ideas científicas son afectadas por sus ambientes social e histórico.

Estas premisas sobre la ciencia son potencialmente útiles para los profesores en los procesos de orientación y toma de decisiones del currículo de ciencias.

Es primordial, en la enseñanza, tener presente que el conocimiento científico es una representación abstracta y lógica de la realidad. Cabe precisar que no se trata de una copia de la realidad, sino de modelos teóricos que intentan explicarla; que los científicos han construido conceptos que no son directamente observables, como el átomo, la molécula, el electrón, etcétera y otros que no poseen una realidad física, por ejemplo, la energía potencial; que han incrementado el poder explicativo y predictivo de la ciencia. Asimismo, enfatizar en que los puntos de vista de los investigadores se alejan del antropomorfismo que es característico de los estudiantes, que buscan reglas en la naturaleza, modos de predecir los acontecimientos y de reducir la probabilidad de lo inesperado, en tanto que los alumnos se interesan por lo opuesto, es decir, por los cambios, no por las regularidades y por lo impredecible.

Como señalan Flores, F. *et al.* (1993), los conceptos no son entidades aisladas y libres de estructura, sino que, sin tal estructura serían incapaces de explicar la naturaleza. Esta afirmación es potencialmente útil en las decisiones que se toman en la enseñanza, ya que los esfuerzos dirigidos a lograr aprendizajes de conceptos aislados, sin llegar a establecer el entramado e integración de los mismos no conllevan a posibilitar la interpretación y explicación de fenómenos de manera plausible. En las clases de química este comportamiento es muy recurrente, aún cuando en esta disciplina es muy marcada la interdependencia conceptual. Al

respecto, Garritz, A. (1997:20) precisa que "la jerarquía y enlace entre conceptos, métodos, teorías y principios de la química son cardinales." Y que los profesores habrían de preguntarse acerca de ellos, ya que un concepto en sí mismo encierra otros más, y que de no ser comprendidos en conjunto, no se entendería. Andoni Garritz (1997:20) ejemplifica esto a través de una definición de química, que retoma de Nyholm:

"La química es el estudio integrado de la preparación, propiedades, estructura y reacciones de los elementos y sus compuestos, así como de los sistemas que forman."

Esta definición, dice Andoni G., es utilizable sólo cuando el alumno ya tuvo un curso previo de química, dado que se necesita de la comprensión de los siguientes conceptos: "preparación", "propiedades", "estructura", "reacciones", "elementos", "compuestos" y "sistemas", los cuales se encuentran íntimamente relacionados en el cuerpo de la definición dada, razón por la cual resulta difícil comprenderlos de manera desarticulada. Tomar en consideración esto es de vital importancia para una enseñanza comprensiva que vaya más allá de la memorización mecánica.

Es importante tener presente que, como afirma Flores, F. (1999), una teoría debe tener un rango lo más amplio posible de aplicación fenomenológica, que debe tener términos teóricos y fenomenológicos ligados por condiciones específicas (condiciones de ligadura) y que las llamadas leyes de la naturaleza, y los conceptos sobre los que se sustentan, son artificiales y que, además, se aplican a situaciones ideales, es decir, no naturales.

Estas condiciones del saber científico habrían de ser consideradas durante los procesos de enseñanza escolarizada, ya que en repetidas ocasiones los profesores tratan de confrontar los saberes escolares con la realidad concreta como si aquéllos fueran una copia exacta de la fenomenología estudiada, lo cual conlleva a la

construcción de errores conceptuales y al detrimento en la comprensión y aplicación de las teorías científicas que se estudian en los sistemas escolarizados (Harrison, A. *et al.* 1996).

Al respecto, A. Einstein y L. Infeld en *La Física, aventura del pensamiento* (Lozada, 1965:34, en Hierrezuelo, J. *et al.* 1988:7) escriben "Los conceptos físicos son creaciones libres del espíritu y no están, por más que parezca, únicamente determinados por el mundo exterior." Y, siendo aún más radical, Koyré, A. escribe en *Études Galliléennes* (Hermann, 1966:13, en Hierrezuelo, J. *et al.* 1988:7) "...la experiencia en el sentido de experiencia bruta, de observación del sentido común, no ha jugado ningún papel, sino el de obstáculo en el nacimiento de la ciencia clásica".

Por otra parte, Pozo, J. I. *et al.* (1991:14) precisan que "La ciencia no se refiere nunca a una realidad concreta, aunque pueda aplicarse a ella, sino que se refiere, sobre todo, a lo posible y a lo necesario... El álgebra o el lenguaje químico son claros ejemplos de ese carácter proposicional del pensamiento científico."

En el caso de la enseñanza de los contenidos de la asignatura de química se hace necesario que siendo ésta la disciplina que estudia lo macroscópico a partir del nivel submicroscópico de la materia, se hace necesario mostrar a los estudiantes que ésta es una ciencia no aislada de otras ciencias como tampoco de nuestro entorno.

Cabe precisar que hoy día en México, en la mayoría de los proyectos curriculares en los niveles de educación básica y media superior, pareciera haber un consenso teórico en torno a una concepción constructivista del aprendizaje. Sin embargo, muchos intentos de innovación se han limitado a retomar aspectos

superficiales del mismo que se expresan en un activismo experimentalista²³ que, en la mayoría de los casos se realiza como "motivación" por lo espectacular que puede resultar la experiencia²⁴, pero generalmente no se vincula a los procesos heurísticos que podrían desencadenarse a partir de la misma, así como la vinculación teórico-conceptual que ha de dar sustento y explicación a lo fenomenológico. Es importante destacar que dicha orientación estuvo muy de "moda" en los años 60s bajo el enfoque "aprender ciencia haciendo ciencia" (cfr. Hodson, D., 1999) en los países desarrollados a lo que se le denominó *hands on*; en la actualidad, la preocupación central está más orientada hacia *hands mind* (Duit, R., 2003) bajo el enfoque constructivista.

En el siguiente capítulo se presenta la revisión de algunas investigaciones vinculadas a los conceptos implicados en el desarrollo de las entrevistas que se hicieron durante el proceso de esta tesis.

Los conceptos químicos que explican el proceso conceptual de la disolución, tal como aparecen en los libros de texto universitarios, se presentan en el anexo 1.

²³ Cfr. Publicaciones recientes como: Centro de Ciencias de Sinaloa (1998). Ciento un Experimentos. Este texto consta de 101 situaciones experimentales de aula, con materiales y sustancias de bajo costo, pero sin un sustento teórico o procedimental que oriente a un trabajo más heurístico.

²⁴ Varios libros han sido publicados y vendidos en los supermercados y librerías con este mismo enfoque. Por ejemplo: Garder, R. (1995). Science Experiments to do at home. kitchen Chemistry. USA: Julián Messner. Loeschin, L. (1995). Simple Chemistry Experiments with Everyday Materials. USA: Sterling publishing Co., inc.

**INDAGACIONES SOBRE CONCEPTOS QUÍMICOS BÁSICOS
VINCULADOS AL TEMA DE DISOLUCIONES**

CAPÍTULO 2

Introducción

La mayor parte de los estudios revisados sobre las ideas de los alumnos, en temas básicos de química, de acuerdo con Pozo, J. I., Gómez, Limón y Sans (1991), tienen un carácter descriptivo y no aportan un análisis explicativo de los datos obtenidos; a la vez, carecen de un marco teórico que integre las aportaciones de las distintas explicaciones. Estos autores precisan que los principales núcleos conceptuales en la comprensión de la química son:

- a) *La naturaleza discontinua de la materia.* Ésta es fundamental para comprender cómo está formada la materia y cómo y por qué se comporta como lo hace, es decir, sus propiedades;
- b) *la conservación de la materia en los cambios físicos y químicos.* Este núcleo, además del anterior, son fundamentales para comprender las transformaciones de la materia; y
- c) *la cuantificación de relaciones,* o sea, la representación cuantitativa de las leyes físico-químicas y su representación práctica.

Los cuales también se ofrecen como fuertes o ejes problemáticos en la comprensión de la química.

Por otra parte, Garnett, P. *et al.* (1995) proporcionan un amplio marco teórico en el cual la investigación sobre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes es empotrada. Las implicaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, a partir de los datos de investigación disponibles incluyen, de acuerdo con estos autores (pp. 87-91):

- (a) la necesidad de examinar cuidadosamente el uso del lenguaje cotidiano dentro de un contexto científico;

(b) la sobresimplificación de conceptos y el uso no cualificado de afirmaciones generalizadas;

(c) el uso de múltiples definiciones y modelos;

(d) la aplicación memorística de conceptos y algoritmos;

(e) las preconcepciones de los estudiantes;

(f) la sobreposición o traslape de conceptos similares;

(g) el hecho de dotar a los objetos características humanas / animales;

(h) inadecuados prerrequisitos conceptuales; y

(i) la inhabilidad de los estudiantes para visualizar la naturaleza particular / submicroscópica de la materia.

Algunos de estos problemas se describen a continuación a partir de algunas de las investigaciones realizadas con estudiantes de diversos países y niveles educativos, para indagar sus representaciones o construcciones conceptuales vinculadas a contenidos disciplinarios específicos. A través de ellas se han identificado sus ideas previas y las dificultades que tienen para el aprendizaje de la química. Algunos de tales conceptos, vinculados al tema de esta tesis, sea directa o indirectamente, a partir de los conceptos introducidos por los estudiantes a lo largo de las entrevistas, son:

- 2.1 La comprensión de la **naturaleza particular de la materia** (Novick, J. *et al.* 1981; Iglesias, A., Oliva, J. y Rosado, L., 1990; Haidar, A. & Abraham, M., 1991; Griffiths, A. & Preston, K., 1992; Lee, O., Eichinger, D., Anderson, Ch., Berkheimer, G. & Blakeslee, T. 1993; De Posada, A., 1993; Sanz, A., Gómez, M., y Pozo J. I., 1993; Abraham, M., Williamson, V. & Westbrook, S., 1994; Osborne, R. y Freyberg, P., 1995; Pozo, J. I. *et al.* 1995; Sánchez, G., De Pro, A. y Valcárcel, M., 1997)

- 2.2 La **conservación de la materia** (Driver, R., 1985; Iglesias, A. *et al.* 1990; Haidar, A., 1997; Landau, L. & Lastres, L., 1996; Lloréns, J., 1991; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Stavy, R., 1990, 1995).
- 2.3 Los **cambios físicos y químicos** (Carbonel, F. y Furió, C., 1987; Hesse, J., 1992; Stavridou, H. & Solomonidou, Ch., 1989; Stavy, R., 1995) y como parte de éstos:
- 2.4 Los **estados de agregación** (Borese, A., 1998; Carbonel, F. y Furió, C., 1987; Driver, R., 1985; Hesse, J., 1992; Jones, B. & Lynch, P., 1989; Lloréns, J., 1994; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Stavridou, H. & Solomonidou, Ch., 1989; Stavy, R., 1995) y
- 2.5 Las **disoluciones** (Andersson, B., 1984; Blanco, Á. y Prieto, T., 1993, 1997; Driver, R., 1985; Ebenezer, J. & Erickson, G., 1996; Lee, O. *et al.* 1993; Longden, K., Black, P. & Solomon, J., 1991; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Prieto, T., Blanco, A. y Rodríguez, A., 1989; Sánchez, G. *et al.* 1997; Slone, M. & Bokhurst, F., 1992; Valdez, S., Flores, F., Gallegos, L. y Hernández, M., 1998; Ebenezer, J., 2000; Valanides, N., 2000).

A continuación se presentan algunos de los hallazgos en cada uno de los temas mencionados.

2.1 La naturaleza particular de la materia

Investigaciones previas ponen en evidencia la importancia que tiene la comprensión de la teoría de partículas en la enseñanza de la química (Andersson, B., 1990; Haidar, A. & Abraham, M. 1991; Pozo, J. I. *et al.* 1991), ya que es básica para cualesquier explicación causal que implique un cambio en la materia (Sanz, A. *et al.* 1993).

Toda la materia está hecha de partículas submicroscópicas (moléculas o iones) invisibles que se encuentran en constante movimiento y sólo tienen espacios vacíos entre ellas. Muchas de las propiedades de la materia pueden ser explicadas en términos del *arreglo y movimiento* de las moléculas, y los cambios físicos en la materia pueden ser explicados como cambios en el arreglo molecular y/o movimiento (Lee, O. *et al.* 1993).

La comprensión de la naturaleza y la estructura de las moléculas por parte de los estudiantes es reconocida como crucial para entender y explicar diversos temas de física, ciencias de la tierra y, sobre todo, química (Haidar, A. & Abraham, M. 1991), y la teoría cinética molecular, proporciona una importante base para la comprensión de los eventos moleculares invisibles, razón fundamental de los fenómenos naturales, además de explicar los aspectos observables de esos mismos fenómenos que se manifiestan en todos los estados de la materia y que están compuestos por pequeñísimas partículas (moléculas y/o iones) que están en constante movimiento. (Lee, O. *et al.* 1993).

No obstante, cabe precisar que numerosos estudios sobre las concepciones de los estudiantes referidos a la materia y a las moléculas, han reportado que éstos tienen grandes dificultades para explicar, en términos de partículas, la naturaleza de las sustancias, así como los cambios observables de las mismas y sus propiedades básicas; y también para explicar los cambios de estado. Incluso, se ha encontrado

que estas dificultades persisten aún después de varios años de instrucción en clases de ciencias (Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., 1985).

Los estudiantes que comienzan el bachillerato tienen aún escasamente asumida la naturaleza discontinua de la materia; se reconoce que existe sólo un nivel superficial de un esquema conceptual de la materia basado en concepciones de tipo microscópico (Iglesias, A. *et al.* 1990:61). Sanz, A. *et al.* (1993:281) encontraron en su estudio que el uso espontáneo del modelo corpuscular, incluso en estudiantes de química, no alcanza el 50% y que la tendencia a la activación de representaciones de tipo discontinuo aumenta a medida que aumentan la edad y la instrucción, pero que su uso no sobrepasa el 66% en ninguno de los grupos.

La mayoría de los estudiantes no comprende la palabra materia, y sus concepciones erróneas no son resueltas a través de una simple definición. La constitución molecular de la materia no es comprendida por muchos estudiantes; ellos piensan que las partículas pueden verse tan pequeñas como los granos de polvo o las células; también tienen bastante dificultad para imaginarse las partículas.

La idea de que la materia se encuentra en constante movimiento es fundamental para comprender muchas de las transformaciones físicas y químicas de la materia; sin embargo, es contraintuitiva, o sea, el movimiento constante de las partículas no es posible detectarlo a través de nuestras observaciones sensoriales y a través de nuestras experiencias personales, por ejemplo, hemos venido corroborando que eventualmente todos los objetos se mueven hacia abajo –tierra– sin la intervención de una fuerza visible y se detienen –cuando caen– (Lee, O. *et al.* 1993). Haidar, A. y Abraham, M. (1991) derivan tres conclusiones de su investigación:

Primero, que la habilidad de razonamiento formal y el conocimiento preexistente juegan una importante función en el desarrollo de las concepciones de

los estudiantes y en el uso de la teoría de partículas.

Segundo, que los estudiantes son más propensos a usar la teoría de partículas en sus explicaciones de conceptos químicos, cuando son solicitados a hacerlo de esta manera. Incluso, si ellos usan la teoría de partículas en sus explicaciones, ellos también pueden usarla en un contexto macroscópico.

Tercero, los conocimientos teóricos y aplicados de los estudiantes son significativamente diferentes en términos de la naturaleza de sus concepciones alternativas y el tipo de concepciones que sostienen.

También concluyen que la compartimentalización del conocimiento teórico y el aplicado debe ser evitada; que en química, las experiencias de laboratorio son importantes, pero no suficientes para la comprensión de los conceptos, que los estudiantes necesitan una enseñanza que les ayude a desarrollar el vínculo entre las observaciones macroscópicas del laboratorio y los modelos microscópicos o teóricos que usan los químicos para explicarlos.

La mayoría de los estudios revisados hacen hincapié en la dificultad que representa para los estudiantes la comprensión de la naturaleza particular de la materia, su discontinuidad a nivel de partículas, así como la existencia del vacío. Una de las explicaciones es que las interpretaciones que hacemos a través de la percepción sensorial de la materia (observada como continua) es completamente opuesta a la teoría atómica de la materia, lo que implica su renuncia como fuente de representación de la estructura de la materia, a cambio de un modelo alternativo que presente suficientes evidencias y explicaciones, no sólo proposicionales, sino analógicas (Pozo, J. I. *et al.* 1991).

Estas circunstancias tornan verdaderamente complejo el proceso de comprensión y de aprendizaje de los principios y teorías de la química, razón por la

que en muchos casos los procesos de enseñanza y de aprendizaje se convierten en procesos mecanicistas y aburridos de repetición de información memorizada, con la pérdida de la posibilidad de desarrollar procesos altamente significativos acerca de los cambios que ocurren en la materia y junto a ello, el gusto por el conocimiento químico.

2.2 La conservación de la materia

El concepto de masa es una de las nociones más fundamentales en física y a la vez, uno de los más complejos de comprender. El principio de conservación ha sido estudiado ampliamente utilizando para ello diversos problemas e instrumentos. También es importante considerar que éste tema es uno de los conceptos fundamentales en el estudio de la materia que se enseña desde el nivel de educación básica; no obstante, las investigaciones sobre las ideas de los alumnos en relación con este concepto ponen de manifiesto que es de difícil comprensión; incluso para alumnos de nivel bachillerato. (Cfr. Driver, R., 1985; Iglesias, A. *et al.* 1990; Lloréns, J., 1991; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Gómez, M., Pozo, J. I. y Sanz, A., 1993; Stavy, R., 1990, 1995; Landau, L. y Lastres, L., 1996; Haidar, A., 1997). A continuación se presentan algunos de los hallazgos identificados en la literatura.

Iglesias, A. *et al.* (1990), en un estudio realizado con estudiantes de 2º de BUP (Bachillerato Unificado y Polivalente) sobre interpretaciones y predicciones de fenómenos físicos a partir de su fundamentación en un modelo microscópico de la materia, a través de un diseño natural-experimental desarrollado en el aula y en situaciones normales de clase, encontraron que en más de la mitad de los casos (51%), los alumnos se mantienen partidarios de la "no conservación".

De acuerdo con Stavy, R. (1991, en Stavy, R., 1995:133), la materia es, para los niños, algo que ellos pueden ver y tocar; algo preferentemente sólido e

inanimado. En un estudio realizado por esta investigadora con estudiantes de 6 a 14 años de edad (de primero a sexto grados de educación, en Israel), frente a la pregunta ¿qué entienden por materia?, ellos tendieron a explicar dando ejemplos típicos o a través de la descripción de la función y no por la definición de las propiedades. Según esta autora, el modelo mental que tienen los estudiantes en relación con la materia es asociado muy fuertemente con materiales sólidos, tales como: plastilina, arcilla, cemento o hierro; esto persiste, según ella, hasta el séptimo grado. Stavy, R. (1995) establece que desde la edad de los ocho años (tercer grado) los niños empiezan también a pensar en la materia en términos de estructura ("materia es algo que es hecho -o construido- de cosas") o propiedades (propiedades específicas tales como dureza, color, olor, etc., o propiedades referidas a la forma de la materia, tales como sólido, polvo, etc.). En este estudio se les pidió a los estudiantes que clasificaran diversos materiales, en materia y no materia:

- sólidos
- líquidos
- gases
- materiales biológicos: flor, cuerpo humano, carne
- fenómenos asociados con la materia: fuego, electricidad, viento, olor
- fenómenos asociados con la no materia: calor, luz, sombra

Los resultados a los que se llegó fueron que los niños más jóvenes no clasificaron como materia:

- algunos sólidos (tales como la tierra, el hielo, la tela de lana),
- la mayoría de los líquidos (ejemplo, agua, leche),
- materiales biológicos (ejemplo, carne) y
- el gas.

Similares resultados fueron obtenidos por Andersson, B. (1989, Stavy, R., 1995:133) en Suecia quien también reporta que sólo alrededor del 10% de los

estudiantes de séptimo grado -doce años de edad- que habían estudiado un capítulo sobre estructura de la materia, la relacionaron con las propiedades de peso y/o volumen, mismas que son relevantes dentro de un contexto científico.

En relación con la reversibilidad de los cambios físicos, Stavy, R. (1995) reporta que la comprensión de la reversibilidad en los procesos físicos provocados a partir de la fusión de cera y la sublimación del yodo, no se encontró como requisito para la conservación del peso, ya que hubo estudiantes que conservaron el peso sin haber comprendido la reversibilidad de los procesos; según informa esta investigadora, éste concepto aparece a la edad de los doce años como resultado del aprendizaje escolar y/o debido al desarrollo del pensamiento formal.

Cabe precisar que de acuerdo con la psicología genética, algunos de los logros del período de desarrollo de la inteligencia llamado de las operaciones concretas (7-11 años de edad) los cuáles son cruciales para la comprensión de los fenómenos científicos fundamentales, son los de: conservación de cantidad de materia, peso y volumen, los cuales se presentan cuando los niños desarrollan las operaciones lógicas de: compensación, reversibilidad, identidad y adición (Piaget e Inhelder, 1941, 1974, en, Pozo, J. I., 1991:12; Stavy, R., 1995:140).

En los cambios físicos que experimenta la materia, tales como las disoluciones y los cambios de fase, se conservan las sustancias que intervienen, no hay nuevas especies o cambios en su estructura molecular o iónica, por tanto, estos cambios son reversibles, lo que significa que las sustancias pueden regresar al estado original que tenían antes de sufrir el cambio a través de procedimientos físicos. Sin embargo, Lloréns (1991:101) precisa que existen dos problemas bien caracterizados en la comprensión de la conservación de la masa: a) la concepción inmaterial de los gases y b) el carácter difuso de cantidad de materia, donde las magnitudes masa, peso y volumen son objeto de múltiples confusiones.

El hecho de que los alumnos tienden a fijar más su atención en los cambios producidos en la materia que en lo que permanece sin cambio aparente, se presenta como una dificultad en la comprensión de la permanencia de conservación de la materia, concepto que es necesario que los estudiantes construyan, ya que lo que permanece después de un cambio físico o químico de la materia, nos remite a la naturaleza particular de ésta. Cabe precisar que tanto la conservación, como el equilibrio, son uno de los problemas más difíciles de superar en la comprensión de la química y constituyen un obstáculo para la comprensión de la propia noción de cambio de la materia (Pozo, J. I. *et al.* 1991).

Uno de los trabajos pioneros en la investigación de las ideas de los alumnos acerca del concepto de conservación de la materia a partir del tema de disoluciones, fue el realizado por Piaget, J. e Inhelder, B. (en Driver, R. *et al.* 1985 y Stavy, R., 1995), quienes pusieron de manifiesto que las interpretaciones de los niños se encuentran fuertemente influenciadas por la percepción fenomenológica, ya que predecían que no se darían cambios de peso ni de volumen en la disolución agua/azúcar porque el azúcar "desaparecería" al disolverse; los niños de más de 10 años de edad no estaban tan influidos por la percepción, ya que basaron su razonamiento en una visión continuada de la materia, puesto que afirmaron que aunque no pudieran ver el azúcar (ya disuelta), ésta continuaba ahí, repartida en trocitos muy pequeños.

Esta tendencia, ha sido reiterada en varias investigaciones donde se aborda el tema (Andersson, B., 1984; Driver, R., 1985; Prieto, T. *et al.* 1989; Iglesias, A. *et al.* 1990; Longden, K. *et al.* 1991; Valdez, S. *et al.* 1998).

Cuando a los alumnos se les presenta un problema que involucra una transformación de sólido a líquido -fusión del hielo o fusión de una vela de cera, por ejemplo- apenas algunos de los más jóvenes, de primero y segundo grados, conservan el peso del hielo o de la vela fundidos. Los porcentajes de éxito aumentan

conforme avanzan en los grados escolares y alcanzan un máximo de alrededor de 70% en quinto grado (10 años de edad). En el caso de la evaporación de la acetona, por ejemplo, presenta un ascenso lineal de éxito que va desde 0% hasta 80%, desde el cuarto grado (9 años de edad) hasta el noveno (14 años de edad) (Stavy, R. y Stachel, 1985, en Stavy, R., 1995:141).

En una investigación realizada por Borsese, A., Lumbaca, P. y Pentimalli, R. (1996:17) en relación con los estados de agregación de la materia, encontraron que, en una muestra de 508 alumnos italianos de nivel licenciatura, el 25% asocia el fenómeno de la solidificación a una disminución de la masa de la sustancia. En tanto que el 17% de los alumnos cree que en el proceso de fusión, la masa de la sustancia que sufre el proceso, no se conserva.

De acuerdo con Stavy, R. (1995), los niños no consideran el peso como una propiedad intrínseca de la materia; los alumnos creen que el peso cambia con los cambios de estado de la materia. Por ejemplo, esta autora encontró las siguientes reglas en el caso de una vela de cera fundida:

- (a) El líquido pesa más que el sólido.
- (b) El líquido no tiene peso.
- (c) El líquido pesa menos que el sólido. Y
- (d) El peso del líquido es igual al peso del sólido desde el cual aquél se formó.

Estas reglas progresan con la edad, desde primero hasta el cuarto grado escolar y son similares en el caso de las interpretaciones de los estudiantes en el fenómeno de la disolución de azúcar en agua.

En los casos de la evaporación o sublimación, los alumnos consideran que (Stavy, R., 1995:138):

- (a) El gas no tiene peso.
- (b) El gas siempre pesa menos que el sólido o líquido. Y
- (c) El peso del gas es igual al peso del sólido o líquido desde el cual fue formado.

Todas estas reglas, según Stavy, R. (1995), son consecuencia de las intuiciones de los niños en cuanto a la ligereza y pesadez de la materia (o grupos de materiales) que es una cantidad intensiva o propiedad de la materia. Los niños refieren a la cantidad intensiva (densidad) en lugar de la cantidad extensiva (peso) acerca de la cual ellos fueron preguntados.

Si bien en los procesos físicos hay dificultades para admitir la conservación de la materia, en las transformaciones químicas son aún mayores.

Donelly, J. y Wilford, A., 1988 (en Lloréns, J., 1991:83) al estudiar el concepto de cambio químico en estudiantes de 12 a 16 años de edad, haciendo uso de una tarea: en un matraz conteniendo un fósforo acostado, en el fondo, tal como se muestra en la siguiente figura:

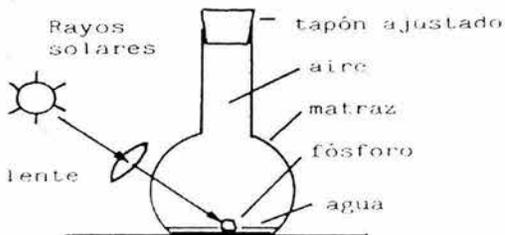


Fig. 2.1 (Tomada de Lloréns, J., 1991: 83)

donde la masa del matraz y su contenido es igual a 205 g. El fósforo se enciende y el humo que produce se disuelve lentamente en el agua. Después de enfriar el matraz y su contenido, se

pesaron de nuevo y se interrogó a los estudiantes acerca de si su peso sería mayor, igual o menor a 205 g, y como cuarta opción, precisar si no había bastante información para responder. Tan sólo 21 % de los encuestados de rendimiento

medio, admitieron la conservación de la masa (Lloréns, J., 1991:83).

En otros casos, los estudiantes, influenciados por la percepción del fenómeno presentado, en el fenómeno químico de la oxidación, ejemplificada en el estudio de Lloréns, J. (1991:87) con un clavo de hierro oxidado y su comparación con un clavo limpio y brillante, algunas explicaciones consistentes en el aumento de peso en el clavo oxidado, ponen de manifiesto concepciones distorsionadas sobre los conceptos de masa, volumen y sobre la naturaleza de la materia, por ejemplo:

"Las moléculas se hinchan".

"Ya que el clavo absorbe dióxido de carbono y se dilata y aumenta de peso".

"Porque contiene bacterias, agua, microbios, ..."

2.3 Los cambios físicos y químicos

En la asignatura de química es común el estudio de los cambios o transformaciones sufridos por la materia, los cuales son clasificados, de manera general, como cambios físicos y cambios químicos. Éstos se estudian en los cursos introductorios de química; en Turquía desde la edad de 10-11 años; en Argentina, Norteamérica y México, desde el nivel secundaria (Borese, A., 1998). Algunos de los trabajos realizados sobre esta temática han sido llevados a cabo, entre otros, por Driver, R., 1985; Carbonel, F. y Furió, C., 1987; Jones, B. & Lynch, P., 1989; Stavridou, H. y Solomonidou, Ch., 1989; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Hesse, J., 1992; Lloréns, J., 1994; Stavy, R., 1995; Borese, A., 1998.

Los resultados de las investigaciones realizadas sobre las ideas de los estudiantes acerca del cambio químico ponen de manifiesto la dificultad para su aprendizaje, entre otros motivos, porque la comprensión del cambio de la materia, según Lloréns, J. (1994:119), implica la comprensión de la teoría atómica de J.

Dalton y con ésta, la naturaleza corpuscular de la materia.

Entre los cambios físicos que se estudian en la escuela destacan los cambios de estado, las mezclas heterogéneas y las mezclas homogéneas o disoluciones y se les caracteriza principalmente por ser reversibles a través de procedimientos físicos²⁵.

En las clases de química, los cambios físicos generalmente se estudian, confrontándolos con los cambios químicos; para ello se destaca que en los primeros sólo se produce una modificación aparente de las sustancias al ser cambiado su aspecto por la aplicación de alguna fuerza externa o de calor, por ejemplo. En tanto que, en la enseñanza de los segundos (reacciones químicas), se enfatiza en que son el producto de la interacción entre los componentes, tratándose de una transformación intrínseca de las sustancias intervinientes y dando lugar a productos diferentes de los originales (cambia la estructura de las moléculas participantes y las propiedades), lo cual no sucede en los cambios físicos.

Es recomendable, para la comprensión de los cambios de la materia, partir de la idea de que está formada de partículas (moléculas e iones) y que éstas no desaparecen, sino que en los procesos de cambio, lo que cambia es su energía y configuración. Esta idea va acompañada al concepto de la conservación de la masa.

Algunos profesores, para hacer notar la diferenciación entre los cambios físicos y químicos, incluyen la variación de parámetros: la constitución química de las sustancias, la variación de las propiedades intensivas o extensivas, la magnitud del

²⁵ Cabe precisar que esta característica basada en la posibilidad de reversibilidad de los cambios físicos no es enteramente excluyente de los cambios químicos dado que hay muchos cambios clasificados como químicos que también son reversibles y en los que también puede desplazarse el equilibrio actuando sobre la temperatura (por ejemplo, los procesos de disociación térmica, como $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$), (Cfr. Borsese, A., 1998:90).

cambio energético implicado, la existencia o no de ruptura y formación de enlaces (Borese, A., 1998). Sin embargo, es insuficiente para establecer con certeza cuándo se trata de un cambio físico y cuándo de uno químico; por ejemplo, cualitativamente no es posible percibir cuándo se formaron nuevos enlaces y cuándo permanecen inalterables; en cuanto a la variación de las propiedades intensivas, sólo podría establecerse a través de situaciones experimentales, pero los intercambios de energía a través de la liberación o absorción de calor no son sólo características de los cambios químicos, ya que se presenta tanto en unos como en los otros (ver mapa en el apartado recomendaciones, al final de esta tesis).

Sobre este último punto cabe destacar que en varios libros de química (por ejemplo, en Alcántara B., 1995: 49) una de las características que proponen para establecer las diferencias entre la formación de compuestos y de mezclas es que, en los primeros, "Por lo general se produce absorción o liberación de energía, en tanto que para los segundos, dice, "por lo general no hay cambio de energía". Esto no puede asumirse como regla, ya que una de las características de las sustancias iónicas es que al disolverse en agua puede haber liberación o absorción de calor, el cual en algunos casos es muy evidente; por ejemplo, cuando el hidróxido de sodio es disuelto en agua, la solución se calienta, en tanto que cuando el nitrato de amonio se disuelve en agua, la solución se enfría mucho (cfr. Ebbing, D., 1997:499), en ambos casos se trata de cambios químicos. Esto evidencia una de las dificultades para el aprendizaje en química, donde las fronteras conceptuales no son tan marcadas o evidentes.

A continuación se presentan los hallazgos de algunos investigadores en relación con las interpretaciones de los estudiantes, frente a la caracterización de estos dos cambios de la materia: uno aparente -físico- (más vinculado a los cambios de forma en los componentes) y otro profundo o intrínseco -químico- (más vinculado a las interacciones entre los reactivos que dan lugar a nuevos componentes).

Concretamente, en el siguiente apartado, correspondiente a los estados de agregación de la materia, se verán las ideas de los alumnos vinculadas a los cambios físicos referidos a los estados de agregación de la materia y, en el apartado referente a las ideas de los estudiantes en relación con las disoluciones.

Stavridou, H. y Solomonidou, Ch. (1989) indagaron las representaciones y concepciones de estudiantes griegos de edades entre 8 y 17 años respecto a una serie de transformaciones físicas y químicas. La enseñanza de la química y la física como disciplinas separadas, al igual que en México, se inicia en Grecia en la educación secundaria, la cual es obligatoria, cuando los alumnos tienen 13-14 años de edad. Los resultados de esta investigación ponen de manifiesto que los estudiantes agrupan los fenómenos físicos y químicos siguiendo diferentes criterios. En relación con el concepto de cambio de materia, los estudiantes se refirieron a:

- i. *Modificación morfológica.* Para los estudiantes, la "forma" (aspecto exterior) es un concepto que con frecuencia persiste en la aprehensión de la realidad, razón por la cual perciben e identifican los cambios, en términos de los aspectos exteriores de una sustancia, es decir, a partir de sus estados inicial y final.
- ii. *Destrucción de la materia.* En ciertas representaciones de los alumnos, un cambio de materia fue considerado como destrucción o desaparición de la materia y sus propiedades.
- iii. *Fenómeno químico.* En las representaciones de los alumnos, las sustancias no tienen roles equivalentes; para ellos, el papel desempeñado por la primera sustancia es la conducción del cambio en la otra.

De acuerdo con Stavridou, H. y Solomonidou, Ch. (1989), la comprensión del criterio de reversibilidad, por parte de los estudiantes, en cuanto a los cambios físicos que sufre la materia (particularmente en la formación de mezclas y en los

métodos de separación en sus componentes), está directamente vinculada al trabajo de laboratorio, donde a través de los procedimientos realizados, un cambio en la materia puede volver a su estado inicial.

La carencia en las oportunidades para llevar a cabo prácticas experimentales, constituye un importante obstáculo para la aplicación de los criterios de reversibilidad, según se muestran Stavridou, H. y Solomonidou, Ch. (1989) en su investigación, donde los estudiantes:

- i. Pudieron distinguir entre cambio físico y cambio químico, cuando emplearon el concepto de reversibilidad en relación con los cambios representados en el fenómeno.
- ii. No fueron capaces de establecer la distinción entre cambios físicos y químicos cuando usaron otros criterios, en relación con los cambios en los materiales que se presentaron.

En el trabajo citado (Stavridou, H. y Solomonidou, Ch., 1989), los alumnos mostraron dos conceptos de cambio químico:

- i. como cambio irreversible de materia, en contraste con el fenómeno físico y,
- ii. donde una sustancia y otra dan un nuevo producto (reacción química).

También en el trabajo mencionado, se puso de manifiesto que todos los criterios usados por los alumnos fueron de carácter macroscópico y que no hubo referencias espontáneas a algún criterio que invocara a aspectos microscópicos de la materia.

Por otra parte, Carbonel, F. y Furió, C. (1987) documentaron las opiniones de los adolescentes de 13-18 años de edad, referidas al cambio sustancial en las reacciones químicas. Ellos precisan que en otros trabajos se aprecia que los

estudiantes no cuentan con los prerrequisitos académicos para el aprendizaje de este tema, ya que:

- a) tienen una representación continua de materia (Pfundt, 1981; en Carbonel, F. y Furió, C. J., 1987),
- b) tienen escasa apropiación del modelo de partículas (Driver, R. *et al.* 1985; en Carbonel, F. *et al.* 1987),
- c) no aceptan que los gases son materia que interviene en los procesos físico-químicos (Furió, C. *et al.*, 1985; en Carbonel, F. *et al.* 1987).

Los resultados obtenidos por Carbonel, F. *et al.* (1987) ponen en evidencia que la no permanencia de las sustancias en los cambios químicos está mucho menos asumida que la permanencia en los cambios físicos y sólo en los cursos avanzados (3º y COU²⁶) estas diferencias disminuyen significativamente. Lo que sobresale de este trabajo es que se encontró que las ideas de los estudiantes muestran una aplicación incorrecta de las ideas transmitidas en los currículos; por ejemplo, la generalización de que la combustión de sustancias orgánicas produce CO₂ y vapor de agua, este conocimiento lo extendieron los alumnos a la explicación de la oxidación del magnesio, a pesar de que en el ítem se precisaba que sólo se obtendría una nueva sustancia química.

Lloréns, J. (1991:99) propone algunas líneas generales acerca de la concepción de cambio químico en estudiantes de 12 a 16 años de edad, derivadas de varias experiencias relacionadas con este tema: la combustión y la oxidación de metales en la atmósfera; la oxidación-reducción del hierro y del cobre, ambos con ácido nítrico; reacciones de efervescencia; además de la ley de conservación de la masa y de las proporciones constantes. Él encontró que en las interpretaciones acerca de la naturaleza del cambio químico predominan:

²⁶ Curso de Orientación Universitaria.

- a) Las descripciones de los procesos, en términos cotidianos.
- b) Las explicaciones alejadas del concepto de cambio químico, donde sobresalen:

- *Las explicaciones causales fundamentadas en lo directamente perceptivo* y donde no existen interacciones entre los sistemas intervinientes.

- *Las explicaciones mecanicistas* que incluyen la preexistencia de los productos derivados de la reacción; por ejemplo, al poner ácido clorhídrico en un trozo de mármol, aquél provoca en el mármol la liberación de gas, mismo que se encontraba entre sus partículas.

- *Las explicaciones centradas en las propiedades de las sustancias* y van desde la conservación de las sustancias con modificación de sus propiedades (entre otras, se encuentra la confusión con los cambios de estado de la materia) a la sustancialización de las propiedades, por ejemplo, toda materia negra y pulverulenta es asociada al carbón, así, cuando el hierro arde, el producto de esta reacción es carbón.

Lloréns, J. (1991:100) concluye que "La ausencia de un concepto adecuado de sustancia pura se revela como una de las causas más claras de las dificultades en la identificación de los cambios químicos." Esto, dice J. Lloréns, se pone de manifiesto "... en la desvinculación existente entre la aceptación de un proceso como reacción química y la idea de cambio en la naturaleza de las sustancias."

Por su parte, Aldo Borsese (1998) concluye que no se pueden establecer límites nítidos entre los cambios físicos y los químicos, por lo que el establecimiento

de tales diferencias no es una ayuda pedagógica, como tampoco es significativo desde el punto de vista científico y que lo mismo puede afirmarse en relación con los conceptos de propiedad física y propiedad química. Esto es así, porque en los cambios hay una variación entre las interacciones de las partículas, es decir, siguiendo a Lloréns, J. (1994, en Borsese, A., 1998) en todo cambio hay algo que cambia, pero también algo que permanece inalterable.

2.4 Los estados de agregación de la materia

Los estudiantes creen que la palabra sólido se refiere a algo duro, que el líquido es algo que corre (fluye) como el agua y que, el gas, no tiene materialidad. Muchos estudiantes necesitan un largo período de tiempo para incorporar y asimilar la idea de que el gas es material (Stavy, R., 1994; Stavy, R. y Stachel, 1985, en Stavy, R., 1995:136). Estas ideas sugieren fuertemente que para estos estudiantes, la materia es continua. A continuación se presentan algunos de los resultados de las investigaciones que se han realizado en relación con este tema (Driver, R. (1989), en Driver, R. *et al.* 1985; Jones, B. & Lynch, P., 1989; Russell, T., Wynne, H. & Dot, W., 1989; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Stavy, R., 1995).

La idea de que los sólidos y los líquidos están contruidos de pequeñas partículas discretas es contraintuitiva; y el conocimiento fuertemente intuitivo de los escolares, en relación con los estados de la materia, podría estar en competencia con las nuevas ideas enseñadas en la escuela, pues los estudiantes parecen aceptar más fácilmente las explicaciones teóricas formales cuando éstas no van en contra de sus ideas intuitivas.

En los cambios de estado la apariencia externa de las sustancias es transformada, pero no su constitución química, es decir, sigue siendo la misma sustancia, se trata de un cambio físico de la materia ¿Qué es lo que piensan los

estudiantes al respecto?

Diversas investigaciones realizadas con estudiantes de edades entre los 8 y 17 años ponen de manifiesto que la mayor parte de quienes estudian en escuelas secundarias emplearon conceptos relativos a las partículas para describir los estados de la materia, sobre todo cuando se les motivó a ello, pero no consideraron el movimiento de las partículas, como tampoco las fuerzas de cohesión entre las mismas y la energía cinética de las partículas, en los sólidos; también tendieron a asociar el incremento de la separación entre las partículas con el aumento de la temperatura; además se presentó la tendencia a atribuir las propiedades macroscópicas a las mismas partículas (Driver, R. *et al.* 1985).

El uso de ideas referidas a partículas fue indagado por Dow, W., Auld, J. y Wilson, D. (1978, en Driver, 1985:229) con estudiantes escoceses de 12-13 años de edad. Se encontró que la mayoría aludió a las partículas; pero en sus ilustraciones, alrededor de la mitad dibujó partículas más pequeñas para los estados líquido y gaseoso y más grandes para el sólido. En las entrevistas se pudo comprender que algunos alumnos consideraban que el diámetro de las moléculas disminuye progresivamente desde el estado sólido, al líquido y gaseoso. La mayoría de los estudiantes indicó que las partículas de los cuerpos líquidos y gaseosos se mueven, en tanto que las de los cuerpos sólidos, un tercio de los estudiantes no les concibió movimiento.

En el trabajo realizado por Brook, A., Briggs, H. y Driver, R. (1984, en Driver, 1985:231) con alumnos ingleses de 15 años de edad, encontraron que si bien los alumnos utilizaron conceptos relativos a las partículas, sólo una quinta parte de la muestra usó ideas impartidas en clase. El 25% de los estudiantes no utilizó conceptos relativos a las partículas en sus respuestas, no obstante que explícitamente se les solicitó hacerlo. Hubo una tendencia a transferir las transformaciones de las propiedades macroscópicas al nivel microscópico; ellos

mencionaron que las partículas se fundirían, se calentarían o cambiarían de tamaño. Son ejemplos, las siguientes expresiones (Cfr. Driver, R., 1985:233):

"Al aumentar la temperatura, las partículas se hacen más pequeñas, por lo que el hielo se funde."

"Cuando se eleva la temperatura, las partículas empiezan a cambiar desde la forma sólida a la forma líquida porque el calor las funde."

En la revisión de los estudios realizados sobre el tema, por parte de Driver, R. (1985), se concluye que

"Muy pocos alumnos dieron muestras evidentes de prestar atención a las interrelaciones entre la acción de las fuerzas de cohesión, por una parte, y la energía cinética de las partículas, por otra, en los sólidos."

Por otra parte, cabe tener presente que para muchos estudiantes, la materia deja de existir cuando desaparece su evidencia, por lo que la existencia de materia no es concebida como permanente. Por ejemplo, en el proceso de evaporación de acetona, los estudiantes expresaron: "la acetona desaparece, pero permanece el aroma." En el caso de la sublimación de yodo, los alumnos dijeron: "no hay materia, solo color". (Stavy, R., 1995). En cuanto al paso de una sustancia del estado líquido al de vapor, sólo el 56% de los estudiantes opina que la composición permanece constante (Borsese, A., Lumbaca, P. y Pentimalli, R., 1996).

También se ha encontrado que los procesos de cambio de estado de la materia son expresados por los alumnos como un cambio de densidad. Apparentemente el término *peso* es conectado en el sistema cognitivo de los niños con "peso específico" y "peso absoluto" (y probablemente también con otros aspectos del peso, tales como balanceo, caída libre, etcétera), términos que no son

suficientemente definidos y los alumnos los usan de acuerdo con las características específicas de la situación (Stavy, R., 1995).

Sanz, A. *et al.* (1993:281) encontraron en su estudio que en las tareas sobre cambios de estado, los alumnos activan representaciones de tipo continuo en mayor medida (68%) y que en cambio, en tareas sobre disoluciones, reacciones y dilataciones, los alumnos recurren en mayor medida a interpretaciones de tipo discontinuo; en los dos primeros casos, lo hacen de manera correcta, en tanto que en el tema de dilataciones aumentan significativamente los errores de tipo microscópico.

2.5 Las disoluciones

Las disoluciones son mezclas homogéneas y se clasifica dentro de los procesos de transformación física de la materia, es decir, como cambios físicos.

De entre los procesos químicos de interés para el químico, en la actualidad, una gran parte tienen lugar en disolución, siendo de particular relevancia aquellas donde el disolvente es el agua. Es éste un tema complejo y tiene como base el conocimiento de la estructura de la materia a nivel de partículas, la causa de la existencia de los estados líquido y sólido (las dos clases de estados condensados), la existencia de interacciones intermoleculares energéticamente estabilizantes y que, dependiendo de dicha energía de interacción y de la temperatura del sistema, el estado normal de un sistema puro es sólido, líquido o gas (Nova, J., s/f).

Los conceptos relacionados con el tema de disoluciones han sido indagados tanto de manera directa como indirecta, por diversos estudiosos, en alumnos de grupos de edades y niveles educativos diversos: de educación general básica - primaria y secundaria- de edades entre 11 y 14 años (Andersson, B., 1984; Blanco,

Á. y Prieto, T., 1997 y 1993; Driver, R., 1985; Ebenezer, J. y Erickson, G., 1996; Lee, O. *et al.* 1993; Longden, J. *et al.* 1991; Pozo, J. I. *et al.* 1991; Prieto, T. *et al.* 1989; Sánchez, G., De Pro, A. y Valcárcel, M., 1997; Slone, M. & F. D. Bokhurst, 1992); en estudiantes de bachillerato (Valdez, S. *et al.* 1998); en estudiantes para profesores de primaria (Valanides, N., 2000); a través de uso de diversos instrumentos de investigación y en diversos contextos educativos (Nueva Zelanda, sur de África, Inglaterra, España, Suecia, Canadá, Grecia, México).

En todos esos estudios destaca la dificultad que ofrece el aprendizaje de la química debido a que ésta es una ciencia que se ocupa del estudio de la materia y sus transformaciones teniendo como base las partículas submicroscópicas (átomos, moléculas e iones) que contribuyen y a través de cuyas propiedades, se intenta interpretar el comportamiento del mundo macroscópico o fenomenológico. Una primera dificultad es el hecho de que existe una tendencia a explicar los fenómenos a partir de las propiedades macroscópicas de la materia, mismas que los alumnos asignan a las partículas submicroscópicas.

Sanz, A. *et al.* (1993:282) encontraron que en tareas de disoluciones, los estudiantes españoles de 7º EGB²⁷ y 1º BUP recurren a representaciones de tipo continuo, en tanto que a partir de 3º BUP se incrementa la frecuencia en interpretaciones de tipo discontinuo, con lo cual se muestra la influencia de los aprendizajes escolares.

Por su parte, Haidar, A. y Abraham, M. (1991) indagaron las concepciones de estudiantes de bachillerato sobre cuatro temas: disoluciones, difusión, efusión y cambios de estado, tanto a nivel macroscópico o de aplicación como a nivel microscópico o teórico. Ellos encontraron que el concepto de disolución es el que presentó mayor dificultad para los estudiantes y el menos difícil fue el de estados de

²⁷ Educación General Básica.

la materia. En relación con el tema de disolución, los estudiantes manifestaron cinco concepciones:

1. *Mezcla macroscópica*. Algunos estudiantes consideraron la disolución y la efusión o la difusión como un proceso de mezcla macroscópica donde las moléculas del soluto (azúcar y colorante vegetal) se mezclan con las moléculas del disolvente (agua). O se desplazan sin orden o arreglo, de un lugar a otro. Cabe precisar que ésta no es una explicación incorrecta o alternativa, sino incompleta, ya que carece de la explicación fundamental consistente en el modelo de interacción entre las moléculas que tiene que ver con un modelo de fuerzas de atracción y de repulsión entre las moléculas. Por esta razón, se afirma que los estudiantes usan una idea superficial y macroscópica de mezcla.
2. *Acciones en serie*. El proceso de disolución fue explicado por los estudiantes a través de dos procesos que se suceden en secuencia y de manera automática: primero, las moléculas de azúcar se separan automáticamente, entre ellas; luego, se dispersan a través del agua o se combinan con las moléculas del agua.
3. *Actor principal o explicaciones macroscópicas*. Seré (1985, en Haidar, A. y Abraham, M., 1991) encontró que los estudiantes tienen dificultad para considerar más de un factor interactuando en el proceso, sino por el contrario, sólo focalizan un solo factor, por ejemplo, los estudiantes creen que el agua desempeña el papel principal.
4. *Teoría del calórico*. Algunos estudiantes creen que el calor es una sustancia que puede ser atraída, absorbida y puede, incluso, ocupar un espacio. Algunos estudiantes dijeron que el exceso de azúcar no se disuelve en agua

5. porque el calor que estaba presente en el agua ya se había "consumido" por las cantidades añadidas previamente.
6. *No diferenciación entre cambios químicos y físicos.* Algunos estudiantes creen que la disolución de azúcar/agua o la disolución de un colorante vegetal/agua se producen a través de reacciones químicas que involucran rompimiento y formación de enlaces produciendo una nueva sustancia. Por ejemplo: *El colorante vegetal se combina con las moléculas de agua para formar una nueva sustancia.* (Difusión)

Estos investigadores consideran que es posible que esas concepciones alternativas que resultan de la fuente macroscópica pudieran ser menos probables entre los estudiantes con habilidades de razonamiento más altas.

Haidar, A. y Abraham, M. (1991), precisan que algunas de las conclusiones derivadas de los resultados de investigación de los educadores en ciencia, son las siguientes:

- (a) La habilidad de razonamiento formal es asociada con una mayor comprensión de los conceptos atómico y molecular,
- (b) los estudiantes se resisten al uso de átomos y moléculas en sus explicaciones de los fenómenos químicos,
- (c) una proporción significativa de estudiantes de escuelas elementales sostuvieron concepciones alternativas concernientes a los modelos atómico y molecular, y
- (d) una proporción significativa de estudiantes de varias edades sostuvieron un modelo continuo en vez de un modelo de partículas, pese a su instrucción formal.

En general, los estudios de las concepciones de los estudiantes sobre las

disoluciones, destacan los siguientes temas:

- (a) La conservación de propiedades no observables de la materia (Osborne, R. y Cosgrove, F., 1983; Longden, K. *et al.* 1991)
- (b) la transformación física de sólido a líquido (Lee, O. *et al.* 1993).
- (c) la confusión acerca de las nociones de mezcla de sustancias y compuesto químico, y
- (d) cómo los factores externos afectan el proceso de disolución de un sólido en un líquido.

Mismas que se desarrollan a continuación.

2.5.1 Conservación de propiedades no observables de la materia

Una de las ideas recurrentes en los estudiantes, de acuerdo con resultados de las investigaciones mencionadas, es la relacionada con la conservación de las propiedades no observables de la materia (Pozo, J. I. *et al.* 1991); para los estudiantes es difícil concebir lo que no se ve y para muchos, el soluto desaparece una vez que fue disuelto en el agua (Fernández, J., Trigueros, T. y Gordo L., 1988). Esta idea de la desaparición del soluto fundada en lo perceptible, se confirma cuando los estudiantes sostienen que la masa de la disolución es menor que la suma de los componentes de la misma antes de que fueran mezclados.

Algunas ideas de los estudiantes respecto de la conservación del peso en el proceso de disolución de azúcar o sal (cloruro de sodio) en agua, han sido reportadas en diversos trabajos (Longden, K. *et al.* 1991; Prieto, T., 1989; Stavy, R., 1995; Valdez, S. *et al.* 1998), las cuales se resumen como sigue (Stavy, R., 1995):

- (a) La solución de azúcar/agua es más pesada que la suma del peso de

azúcar y el agua antes de la disolución (Stavy, R., 1995).

- (b) El azúcar disuelto no tiene peso. (Longden, K. *et al.* 1991; Prieto, T., 1989; Stavy, R., 1995; Valdez, S. *et al.* 1998).
- (c) El peso de la solución azúcar/agua es menor que el total de peso del azúcar y el agua. El azúcar desapareció (Andersson, B., 1984, Driver, R. y Russell, T., 1982, Prieto, T. *et al.* 1989, Valdez, S. *et al.* 1998).
- (d) El peso de la solución azúcar/agua es igual a la suma de los pesos respectivos del azúcar y el agua (Andersson, B., 1984; Stavy, R., 1995).

En la investigación realizada por Andersson, B. (1984, en Driver, R. *et al.* 1985) con estudiantes Ingleses y Suecos de 15 años de edad (algunos habían estudiado química y otros no) encontró que para los estudiantes, el concepto de masa tiene varios significados asociados a las ideas de volumen, densidad, solidez, así como la presión que actúa sobre una superficie.

En otro trabajo (Valdez, S. *et al.* 1998), frente a la pregunta ¿qué le sucedió al azúcar una vez disuelta en el agua? 10% de los estudiantes de bachillerato encuestados (15-17 años de edad) respondieron que "el azúcar desaparece dejando el agua intacta"; un 10% precisó que la masa sería menor porque: a) el azúcar se integra al agua y absorbe su peso y b) ya que al combinar el azúcar con el agua, ésta pierde su densidad o peso. Como puede observarse en este último caso, los estudiantes también asocian el concepto de masa al de densidad y ésta al de peso.

Fernández, J. *et al.* (1988) en su estudio llevado a cabo con una muestra de 238 alumnos de 2º curso de BUP afirmaron que sólo una tercera parte tienen claras las ideas sobre la conservación de la masa, en los fenómenos propuestos; por lo que concluyen que la mayoría de los participantes tienen ideas muy confusas sobre la

conservación de la masa, tanto en fenómenos físicos como químicos y que para los alumnos es condición suficiente el hecho de que los cuerpos que sufren un fenómeno, sea éste físico o químico, permanezcan en el mismo recipiente para asegurarse de que hay conservación de la masa.

Estos estudios ponen de manifiesto que el aprendizaje del principio de conservación de la masa de un cuerpo es complejo y en tanto los estudiantes no cuenten con un manejo de la teoría de partículas difícilmente podrán acceder a su aprendizaje.

2.5.2 La transformación física de sólido a líquido

Otra idea previa de los estudiantes respecto a lo que ocurre con el soluto sólido (azúcar) en el proceso de disolución en el líquido (agua) es que hubo una transformación física de sólido a líquido (Driver, R. y Russell, T., 1982, en Driver, R. *et al.* 1985; Ebenezer, J. y Erickson, G., 1996; Prieto, T. *et al.* 1989; Stavy, R., 1995; Valdez, S. *et al.* 1998), lo cual se explica por la carencia de comprensión de la naturaleza corpuscular de la materia y, por tanto, de los estados físicos de la materia y la energía involucrada en los mismos.

En la investigación realizada por Ebenezer, J. *et al.* (1996), con 13 estudiantes canadienses, 10 consideraron que hubo una transformación física de sólido a líquido. En el trabajo de Prieto, T. *et al.* (1989), 25% de los estudiantes (11-14 años de edad) usaron el término fundir y disolver como sinónimos. En el trabajo de Valdez, S. *et al.* (1998:159), también se encontró esta idea: "la sal cambió de estado sólido a estado líquido".

Algunas de las razones por las cuales los estudiantes consideran que hubo una transformación física consistente en la transformación de sólido a líquido en las

disoluciones de agua/azúcar y agua/sal, de acuerdo con Ebenezer, J. *et al.* (1996) podrían haber estado influenciadas por:

- a) una visión continuada del "estado líquido",
- b) concebir una partícula en "estado líquido",
- c) los estudiantes adscriben las propiedades macroscópicas a las entidades microscópicas.

Ebenezer, J. *et al.* (1996) precisan que tal vez una de las influencias más poderosas en el razonamiento de los estudiantes en este dominio, es su tendencia a usar una *estrategia extensiva* de las propiedades y comportamiento de las sustancias en el ámbito macroscópico para explicar fenómenos en el nivel microscópico.

Por otra parte, Piaget, J. e Inhelder, B. (1974, en Stavy, R., 1995) encontraron que los niños (6-8 años de edad) explicaron que cuando el azúcar es disuelto en agua, se desintegra en pedazos muy pequeños o partículas. En el estudio realizado por Inditzky (1988, en Stavy, R., 1995:139) también se encontraron algunas evidencias: sólo 24% de los estudiantes de séptimo grado (12 años de edad), después de estudiar acerca de la teoría de partículas de la materia, usaron la teoría de partículas en su explicación del proceso de disolución.

2.5.3 Confusión acerca de las nociones de compuesto químico y mezcla de sustancias

Es muy frecuente la confusión en la caracterización de los procesos que dan origen a una mezcla de sustancias sobre todo cuando se disuelve un sólido en un líquido, y las que originan nuevas especies o compuestos. Este tema está muy vinculado al de cambios físicos y químicos que se desarrolló anteriormente, ya que la

formación de mezclas se caracteriza como un cambio físico puesto que los componentes (soluto/s y disolventes) no dan lugar a nuevas especies como sucede cuando hay un cambio químico.

Cabe precisar que existe una dificultad influenciada por lo perceptual para diferenciar de manera tajante entre la formación de una mezcla y la formación de un compuesto químico. Además de la polisemia con que algunos términos como sustancia o elemento son usados atendiendo el contexto (Lloréns, J., 1991).

Bullejos, J., de Manuel, E. y Furió, C. (1993) en un estudio con alumnos de secundaria encontraron que éstos tienen confusión en la diferenciación de compuestos y mezclas de sustancias. Ellos identifican una combinación química con una mezcla de las sustancias simples o elementos que las constituyen. En el trabajo de Valdez, S. *et al.* (1998:157) al solicitar explicación a los estudiantes acerca de por qué creían que el sistema agua/azúcar era una mezcla, sus explicaciones pusieron de manifiesto el uso arbitrario de los conceptos químicos. Son ejemplos de esto, las siguientes explicaciones de estudiantes de 1º. de bachillerato, 15 años de edad: "Es mezcla porque se mezclaron elementos diferentes" y "Es heterogénea porque los elementos al mezclarlos se unen en dos compuestos."; el concepto de compuesto es utilizado por los estudiantes como producto de la mezcla agua/sal/limadura de hierro: "Se trata de un compuesto, porque la sal y el agua se disolvieron, en tanto que la limadura de hierro se conservó intacta en el fondo del recipiente que contenía el agua (3º de bachillerato).

Por otra parte, Fernández, J. *et al.* (1986), en su investigación realizada con estudiantes de 2º curso de BUP también observaron que en los estudiantes encuestados hay una tendencia muy marcada hacia la asociación de la disolución de un sólido en un líquido con un fenómeno químico, ya que existe una tendencia de los alumnos a asociar con los fenómenos físicos los cambios que no implican la "desaparición" de algún cuerpo y, por el contrario, la "desaparición" de cuerpos va

asociada a la producción de fenómenos químicos. Por tanto, la mayoría de los alumnos encuestados, identifica las mezclas homogéneas como fenómenos químicos.

Estos resultados ponen de manifiesto que en muchos de los casos, la enseñanza y aprendizaje de la química en la escuela, se reduce a la memorización de términos sin llegar a comprenderlos y mucho menos establecer las relaciones entre ellos, mismos que los alumnos utilizan a manera de comodines cuando se les solicita explicar algún fenómeno. También se deja ver que se hace necesario ahondar más en las explicaciones de los alumnos mexicanos para delimitar y comprender algunos de los orígenes de los problemas que implica el aprendizaje de esta ciencia y, en consecuencia diseñar lineamientos y/o estrategias didácticas que conlleven a un aprendizaje más significativo en el tema motivo de esta tesis.

En el siguiente capítulo se presentarán las ideas de estudiantes de bachillerato de dos subsistemas universitarios y particular, en torno al tema de disoluciones.

**ANÁLISIS DE LOS DATOS Y DISCUSIÓN
DE LOS RESULTADOS**

CAPÍTULO 3

Introducción

Este capítulo está organizado en dos apartados; en el primero, se plantea la metodología utilizada y en el segundo, se da cuenta de los resultados de las entrevistas, en tres niveles de análisis: (1) identificación de las ideas previas en los conceptos indagados, para cada uno de los dos grupos; (2) evolución de los conceptos básicos de química en el proceso de disolución en los estudiantes, por semestre escolar; y, por último (3) categorías en función de los patrones de respuesta de los estudiantes. Finalmente, se presentan las conclusiones y algunas recomendaciones.

3.1 Metodología

Antecedentes (estudio piloto)

Anterior a este trabajo se llevó a cabo una indagación con 30 estudiantes de los tres grados de bachillerato de la Universidad Autónoma de Puebla (Valdez, S., Flores, F., Gallegos, L. y Herrera, Ma. T., 1998) a quienes se les aplicó un cuestionario de opción múltiple y con preguntas abiertas, después de haber realizado tres mezclas: dos homogéneas (agua/azúcar y solución de permanganato de potasio/agua, en tres diferentes concentraciones) y una heterogénea (agua/cloruro de sodio/limadura de hierro). También se usaron modelos (dibujos del comportamiento de las partículas) para que el alumno eligiera aquél con el que estuviera de acuerdo en que representaba mejor la disolución agua/azúcar. El propósito fue indagar las ideas previas de los estudiantes vinculadas al tema de disoluciones.

En el análisis de los resultados de la aplicación de los cuestionarios, se tomaron decisiones acerca del replanteamiento del trabajo, el cual dio origen a la presente tesis. La población se diversificó y se modificaron los instrumentos. Se emplearon las mismas

tres experiencias; no se usó el cuestionario y en cambio se optó por la entrevista clínica (más adelante se justifica el por qué). A continuación se presenta la justificación y forma de trabajo, en tanto los procedimientos de recogida y análisis de los datos.

El presente estudio

Población

Se entrevistó a un total de 28 alumnos (ver cuadro 1 y anexo 2, tablas 1 y 2): dos estudiantes de la carrera de Lic. en Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); tres de la carrera de Lic. Químico Farmacobiólogo (QFB); 23 de los tres grados de bachillerato, de los cuales, doce corresponden a estudiantes académicamente sobresalientes de una escuela preparatoria de la Universidad Autónoma de Sinaloa y primer semestre de la carrera de QFB²⁸; seis a estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur de la UNAM (CCH, UNAM), y cuatro a instituciones privadas (Oxford y Tecnológico de Monterrey). Esta población fue organizada en dos grupos, en función del proceso seguido en la indagación. El primero, denominado Grupo I, está conformado por los estudiantes que participaron en la primera etapa de indagación y se le identifica en algunos casos como el grupo del DF; el segundo, denominado Grupo II corresponde a la segunda etapa y agrupa a estudiantes de la Universidad Autónoma de Sinaloa, y se le identifica en algunos casos, como el grupo de la UAS.

Los estudiantes que conforman al Grupo I fueron entrevistados por la cercanía geográfica de su escuela con el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM, lugar donde la autora de esta tesis se encontraba de estancia de intercambio académico. Los cuatro estudiantes de instituciones privadas se entrevistaron para contrastar con la institución pública. Uno de ellos (entrevista 12), emitió respuestas que

²⁸ Los cuatro estudiantes que en el momento de la entrevista se encontraban cursando el inicio del 1º semestre de la carrera de QFB, se consideraron, para el análisis como de 6º semestre de bachillerato, ya que la influencia escolar predominante en ellos era ésta, en dicho momento.

sobrepasan el nivel esperado y el del resto del Grupo I, del cual es parte en este arreglo²⁹.

Por otra parte, el Grupo II, se formó sólo con alumnos sobresalientes del bachillerato de la UAS, y alumnos de licenciatura en QFB, por las razones que se exponen más adelante y porque la autora de esta tesis es profesora de esta institución; para lo cual, se le brindaron todas las facilidades (los alumnos con el perfil solicitado, el espacio físico y los recursos solicitados) para llevar a cabo las entrevistas. A continuación, en el cuadro 1 se presenta la relación de estudiantes que participaron, por grupo (I y II) y semestre escolar.

Cuadro 1. Relación de estudiantes entrevistados, por grupo y nivel educativo

Grupo / nivel	Semestre/bachillerato		semestre/licenciatura		total
	2°	4°	3° Biol.	7° Biol..	
I. D. F.					
No. de alumnos	5	6	1	1	13
II. UAS	3°	5°	1° QFB	5° QFB	total
No. de alumnos	4	4	4	3	15
Total					28

Cabe precisar que los estudiantes entrevistados del DF estaban por terminar el semestre indicado en el cuadro 1 (ya que las entrevistas se realizaron durante el mes de mayo) y los de la UAS iniciaban el semestre indicado puesto que las entrevistas se llevaron a cabo durante el mes de septiembre; es por ello que hubo necesidad de considerar, en la muestra del Grupo II, a estudiantes del primer semestre de Lic. en QFB, con lo cual se completaba el seguimiento de este grupo de estudiantes a lo largo de todo el bachillerato. Por esta misma razón tampoco se consideró pertinente tomar en cuenta a estudiantes del primer semestre de bachillerato, ya que aún no tenían ninguna influencia escolar en este nivel.

²⁹ El antecedente académico de esta estudiante, diferente del resto de los entrevistados es un año escolar en un curso especial realizado en Inglaterra, antes de ingresar al bachillerato en México.

Otra aclaración pertinente al por qué se seleccionaron estudiantes sobresalientes en la segunda etapa fue debido a que la información que aportaron los estudiantes de desempeño académico regular (Grupo I) era insuficiente para encontrar algunas pistas acerca de los problemas en la construcción de las explicaciones de los fenómenos provocados a través de la realización de las experiencias propuestas. El análisis de las entrevistas del Grupo I, nos indicó que se requería la búsqueda de informantes con mejor desempeño académico.

Instrumentos/Método

La recogida de la información se llevó a cabo en dos etapas.

Primera etapa (Grupo I). Se llevó a cabo con estudiantes del Distrito Federal (ver tabla 1, anexo 2). Se aplicaron 11 entrevistas a estudiantes de bachillerato: cinco de segundo semestre y seis de cuarto semestre y dos a estudiantes de licenciatura en biología³⁰, de tercero y séptimo semestres. Las experiencias que realizaron consistieron en una mezcla homogénea (agua/azúcar y disolución de permanganato de potasio en tres diferentes concentraciones) y otra heterogénea (agua/sal de cocina/limadura de hierro).

Segunda etapa (Grupo II). Ésta fue necesaria porque la información obtenida como resultado de las entrevistas durante la primera etapa, fue insuficiente para derivar, a partir de ellas, algunas inferencias respecto de los problemas en la construcción de los conocimientos básicos de la química, en los estudiantes. La mayoría de las respuestas de los estudiantes que participaron en esta etapa fueron muy breves y, en varios casos inconsistentes (ver anexo 4, Grupo I). Por tal motivo, se optó por

³⁰ Sólo fue posible entrevistar a dos estudiantes de licenciatura en biología. Se pensó en ellos, ya que en el proceso de su formación requieren trabajar con disoluciones; tema de este trabajo.

entrevistar a estudiantes sobresalientes académicamente³¹ con el objetivo de que aportaran más ideas respecto de los fenómenos en cuestión. Se realizaron las mismas experiencias que en la etapa precedente. Este segundo grupo de estudiantes es de la Universidad Autónoma de Sinaloa (ver tabla 2, anexo2).

La entrevista

Se diseñó un protocolo de entrevista (ver anexo 3) a partir de tres situaciones experimentales, a partir de las cuales se provocaron en los estudiantes:

- (a) Agua / sal de mesa (cloruro de sodio) (sistema A: mezcla homogénea o disolución)
- (b) Agua / sal / limadura de hierro (sistema B: mezcla heterogénea)
- (c) Agua / azúcar (sistema C: mezcla homogénea o disolución)

A través del proceso de formación de cada sistema se indagaron las representaciones de los estudiantes acerca de los siguientes conceptos básicos de química³²: (1) disolución, (2), mezcla, (2.1) mezcla homogénea, (2.2) mezcla heterogénea, (3) compuesto químico, (4) elemento químico, (5) factores que afectan la disolución [(5.1) agitación mecánica, (5.2) reposo, (5.3) tamaño de las partículas, (5.4) temperatura y (5.5) naturaleza de las partículas del soluto] y (6) métodos de separación de los componentes de la mezcla agua/sal/limadura de hierro; de las cuales se da cuenta en los siguientes apartados.

³¹ En este caso se optó por estudiantes ganadores en el concurso académico Rafael Buelna Tenorio, mismo en que participan año tras año, los estudiantes académicamente más sobresalientes del bachillerato de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en todas las asignaturas que están cursando. Sólo se entrevistó a estudiantes de la escuela Preparatoria Emiliano Zapata que se encuentra en Culiacán, Sinaloa, por la cercanía geográfica y por tratarse de una escuela grande que lleva el Plan de Estudios 1994; en otras escuelas preparatorias de la UAS se lleva el Plan 1984.

³² En el anexo 3 (protocolo de la entrevista), se indica puntualmente a través de qué preguntas se tuvo acceso a cada uno de estos conceptos.

Se cuidó de no mencionar la terminología motivo de indagación. Se solicitó a los estudiantes hacer las predicciones e interpretaciones/explicaciones de los fenómenos que ellos mismos provocaron a través del desarrollo de cada una de las experiencias. Así, las categorías de análisis, derivadas del examen de las entrevistas, a partir del discurso utilizado por los estudiantes para explicar y responder a las preguntas del entrevistador. Las asociaciones utilizadas por ellos para explicar los fenómenos, el nivel de utilización de la terminología científica y el sentido que les dieron.

Se eligió como instrumento la entrevista individual, ya que ésta tiene la ventaja de proveer la posibilidad de contar con un acercamiento progresivo hacia el conocimiento del entrevistado evitando sesgos y distorsiones, ya que al construir buena parte de las preguntas sobre la base de las respuestas de los alumnos, se enfatiza el punto de vista de ellos. Por tanto, el protocolo de la entrevista donde subyace el contenido conceptual que se desea indagar, es tan solo una guía de temas que deben ser cubiertos a lo largo de la entrevista, pero sin seguir estrictamente el orden establecido; en todo caso, éste se establece en función de las respuestas dadas por el alumno; sobre todo, se pretendía acceder a datos que fueran más allá de una respuesta inmediatista o superficial.³³

Se optó por la técnica de la entrevista clínica, con el propósito de profundizar en las interpretaciones de los estudiantes, ya que en ocasiones sus expresiones son más bien metafóricas; por ejemplo, al preguntarles qué había pasado con el azúcar, después de depositarla en un vaso con agua y agitarla hasta su total disolución, en el cuestionario que se aplicó en el trabajo anterior (Valdez, S. *et al.* 1998), 10 % de los estudiantes respondió que "el azúcar desaparece dejando el agua intacta." Con dicho instrumento no es posible averiguar si en realidad para los estudiantes, el azúcar, durante el proceso de disolución, realmente desaparece como materia o tan sólo a escala visual. La entrevista clínica nos permitió llegar a conocer las interpretaciones que existen detrás de las respuestas inmediatas; por ejemplo, en el presente trabajo se

³³ Díaz B., Á. (1995). Empleadores de Universitarios. Un estudio de sus opiniones. México: CESU Porrúa.

encontró que para algunos alumnos, el azúcar desaparece, pero sólo en el ámbito perceptivo, ya que consideran que aún sigue estando ahí, "por el sabor dulce del agua"; en tanto que para otros, sí desapareció por completo "porque ya no se ve".

La variabilidad de los distintos factores que intervienen en la tarea facilita evaluar el grado de flexibilidad o estabilidad de las respuestas, lo que permite la discriminación de las respuestas de compromiso o dadas *in situ* (McClelland, 1984, en Jiménez, G. y Marín, M. (1996:326), de aquéllas que podrían ser un reflejo de las ideas previas que el estudiante ha generado, es decir, evaluar el grado de flexibilidad o estabilidad de los datos empíricos contruidos por los alumnos.

Condiciones de desarrollo de las entrevistas

Las entrevistas se llevaron a cabo de manera individual y simultánea a la realización del trabajo experimental, con lo cual se estableció un diálogo. Se cuidó de no inducir términos científicos del tema en cuestión para evitar la inducción de las respuestas de los estudiantes entrevistados. Se evitó la influencia del punto de vista del entrevistador al no hacer girar las cuestiones sobre los significantes académicos (conceptos básicos de química), ni hacer gestos de aprobación o de desaprobación cuando no se estuvo de acuerdo con las afirmaciones.

Las entrevistas fueron audio y videograbadas y posteriormente se transcribieron textualmente para su análisis. El tiempo asignado al desarrollo de las entrevistas fue impuesto por la misma dinámica de desarrollo de las mismas y el nivel o posibilidad de respuesta de los entrevistados, aunque en promedio fueron de una hora y media.

Antes de iniciar formalmente la entrevista se le solicitaba al estudiante realizar las combinaciones que deseara utilizando las sustancias que previamente se habían colocado frente a ellos³⁴. El entrevistador observa, comenta y sugiere hacer más

³⁴ Cabe precisar que esto se realizó por separado con cada uno de los estudiantes.

combinaciones hasta que el alumno haya hecho mezclas homogéneas y heterogéneas³⁵, para proceder luego, al interrogatorio formal. El propósito en esta etapa introductoria de la entrevista (rapport), fue la indagación de la aplicación operacional de los conceptos introducidos por los estudiantes; es decir, el sentido del empleo de los términos/conceptos por parte de los estudiantes, para explicar los fenómenos provocados a lo largo de las entrevistas y conocer las representaciones que construyen y evocan a partir de la fenomenología provocada por las experiencias (elaboración de mezclas) y por la misma entrevista.

Cabe destacar la importancia que se dio al empleo intencional de las predicciones de los estudiantes de frente a los fenómenos que podrían manifestarse a través de las experiencias propuestas a lo largo de la entrevista.

La conducción de la realización de las experiencias, con la generación de predicciones y solicitud de fundamentación o explicación de las aseveraciones de los estudiantes, se llevó a cabo con el propósito de introducirlos en un proceso de comprensión/explicación de un mundo desconocido visualmente, el cual se encuentra vinculado a los procesos submicroscópicos que se presentan en un fenómeno cotidiano como lo es la disolución de azúcar en agua o sal en agua. Esta situación se planteó al alumno como reto para que diera cuenta de lo que sucede a nivel de partículas (átomos/ moléculas / iones) entre los componentes de la disolución; lo cual les llevó a producir explicaciones basadas en la formulación de hipótesis referidas tanto a lo observable, como a lo inobservable que es lo que da lugar a lo observable y además, a la necesidad de recurrir a explicaciones fundadas en el aprendizaje escolar.

No fue posible lograr la producción de hipótesis sobre lo inobservable en todos los estudiantes, no obstante los variados intentos a través de la entrevista, vía la devolución de la información del entrevistado y solicitud de una nueva explicación, ya que muchos se limitaron tan sólo a la descripción del fenómeno. Aunque, como podrá

³⁵ Esto no siempre fue posible, ya que, en general, los alumnos ofrecen mucha resistencia a tomar decisiones al respecto. Pareciera que están más dispuestos a hacer puntualmente lo que se les indica, de manera directiva.

notarse, a través del procedimiento de la devolución de la información al entrevistado, éste fue capaz de rectificar y de reconceptualizar sus construcciones iniciales.

Cabe precisar que las respuestas de los alumnos, cuando son reflejo de la activación de uno o varios esquemas cognoscitivos, presentan cierto grado de estabilidad ante las variaciones perceptivas y estructurales de los factores que intervienen en las situaciones experimentales (Marín, 1995, en Jiménez, y Marín, 1996:326). Por esta razón, a lo largo de las entrevistas se procuró averiguar si en condiciones semejantes se obtenían respuestas similares o iguales y si las respuestas perduraban ante cambios de situaciones físicas a través de las experiencias que se desarrollaron de manera simultánea a la entrevista.

Algunas preguntas se replantearon de diversas maneras o se volvió a ellas en otro momento del proceso de la entrevista, especialmente cuando en las respuestas los alumnos utilizaron sólo elementos tomados del aspecto perceptivo de la tarea limitándose a describir, a evocar aspectos irrelevantes de la tarea o a hacer analogías inadecuadas.

Las entrevistas fueron transcritas textualmente y a partir de su análisis se establecieron las categorías que dan cuenta de las interpretaciones de los estudiantes en torno a los conceptos básicos de química indagados.

Apreciaciones generales sobre el proceso de desarrollo de las entrevistas

Frente a la tarea de hacer combinaciones de manera libre:

1. En general, los estudiantes se sorprendieron del hecho de tomar la decisión en esta actividad, lo que pone de manifiesto que por lo general, sólo realizan los procedimientos sugeridos por el profesor, paso a paso.

Desde los primeros grados de escolaridad, los estudiantes han sido expuestos a un modelo de aprendizaje donde es el profesor quien decide qué información deben aprender los estudiantes, cómo debe ser aprendida, en qué secuencia y lugar y a qué ritmo (Peter V., E., 1984). En tal sentido, la invitación a que ellos decidan qué hacer con los materiales que tienen a su alcance, les sorprende y la respuesta es que algunos (los más) se limitan a hacer dos o tres combinaciones con mucha ansiedad y dudas, en tanto que otros (los menos) desean realizar muchas más.

2. De las sustancias que tenían al alcance, en general, los estudiantes realizaban el menor número posible de combinaciones.
3. Las respuestas más espontáneas e inmediatas fueron, en el mayor de los casos de tipo descriptivo, donde sólo se limitaron a decir lo que observaron, sin más aportación. Fue necesario redundar en la pregunta una y otra vez, planteándosela de diversas maneras para obtener información significativa en términos de la presente investigación. Cabe precisar que esto no se logró en todos los casos, razón por la cual una de las entrevistas no fue utilizada, ya que la información que aportaba no salía de un descriptivo círculo vicioso, sin mayor aportación.
4. Son muy recurrentes las respuestas inmediatistas, sin antes establecer un proceso de reflexión, salvo después de que el entrevistador les regresa la pregunta mediante su replanteamiento.
5. El tipo de preguntas propuestas a los estudiantes fue, en muchos casos, hasta cierto punto sorprendente, en tanto que, según lo expresaron los estudiantes, "nunca" se habían preguntado el por qué sucedía tal o cual fenómeno, simplemente sucede y es así, como cuando endulzan el café o el agua cuando preparan agua fresca, ellos saben por experiencia propia que el azúcar se disuelve con facilidad cuando el líquido se encuentra caliente y viceversa, pero nunca se han preguntado el porqué, según dijeron. Por ejemplo, cuando se les preguntaba acerca del papel de los cambios de la temperatura en los procesos de la disolución a través de la pregunta

¿qué hubiera pasado si en lugar de haber usado agua a la temperatura ambiente hubieras usado agua caliente? o ¿agua fría?; luego se solicitaba explicar el porqué se disolvía el soluto con más facilidad o con mayor dificultad, según el caso; aunque reconocían que la pregunta era interesante, confesaban que nunca se lo habían preguntado.

6. La mayoría de los estudiantes concluyó que si en la enseñanza escolar se les condujera tal como se hizo con la entrevista, ellos realmente aprenderían la química.
7. Cuando se consideró necesario, fueron realizadas otras demostraciones simples, seguidas por preguntas diseñadas para probar o disprobar algunas de las aseveraciones de los estudiantes.

3.1.1 Sistematización de los resultados de las entrevistas

Las diferentes respuestas que dieron los estudiantes a las interrogantes fueron organizadas en tres niveles de análisis. a) El primer acercamiento consistió en la organización de las respuestas de los alumnos en los conceptos químicos básicos indagados para identificar sus ideas previas y, a la vez, cotejar qué tanto saben acerca de los conceptos; b) se realizó un seguimiento de la evolución de los conceptos por semestre escolar, y c) un tercer acercamiento fue a través de la organización de las ideas de los participantes, en categorías de análisis. Todo lo anterior, con el propósito de encontrar sentido a las construcciones conceptuales de los alumnos e identificar posibles explicaciones acerca de sus dificultades en el aprendizaje de los conceptos básicos que fueron investigados. A continuación se presentan los resultados de cada uno de estos niveles de organización.

Las concepciones agrupan las ideas que tienen el mismo significado, en tanto que las categorías son más generales y hacen referencia a una dificultad o problema concreto.

3.1.1.1 Primer nivel de análisis: las ideas previas

Un primer nivel de análisis consistió en organizar las respuestas de los estudiantes en función de los conceptos básicos que fueron indagados de manera indirecta a través de las entrevistas, con el propósito de ubicar las construcciones conceptuales que hicieron los estudiantes entrevistados para cada uno de los conceptos previstos. Éstos se numeran a continuación y, entre paréntesis, se indica con qué número de pregunta de la entrevista fueron indagados cada uno de éstos (ver protocolo de entrevista en anexo 3).

1. Concepto de disolución/mezcla. Conceptualización de mezcla homogénea/mezcla heterogénea. (1)
2. Interpretación del fenómeno de la disolución a nivel de partículas. (2) y (7).
3. Factores que afectan el proceso de la disolución:
 - 3.1 Tamaño de las partículas (3)
 - 3.2 Naturaleza del soluto (4)
 - 3.3 Agitación (8)
 - 3.4 Temperatura (10)
4. Concepto de elemento (5)
5. Métodos de separación de mezclas y fundamentación (6)
6. Movimiento de partículas (8), (9) y (10)
7. Conservación de la materia (11)
8. Concepto de compuesto (cuando el alumno introducía el concepto).

Cabe precisar, que aunque la pregunta 3.3 no es un factor que afecte a la disolución, fue incluido para averiguar las ideas de los alumnos a nivel de partículas en relación con la base teórica de la naturaleza de la materia (ver el apartado de discusión, en *Evolución por semestre de los conceptos básicos de química en el proceso de disolución*).

3.1.1.2 Segundo nivel de análisis: evolución por semestre de los conceptos básicos de química en el proceso de disolución

Este apartado se consideró necesario para visualizar el efecto de la escolaridad en las representaciones de los estudiantes, para cada uno de los conceptos investigados. En esta dirección, se realizó un seguimiento de las construcciones conceptuales de los estudiantes, por semestre escolar. Fueron considerados los conceptos de: disolución, mezcla, compuesto químico, elemento químico y factores que afectan el proceso de disolución.

3.1.1.3 Tercer nivel de análisis: categorías en función de los patrones de respuesta de los estudiantes

El tercer nivel de análisis consistió en la organización de las ideas de los estudiantes, en seis categorías de análisis a través de las cuales se intenta explicar lo que hay detrás de sus representaciones fenomenológicas. Éstas son: (1) conservación de la materia, (2) transmutación, (3) uso de la interpretación macroscópica para explicar lo submicroscópico, (4) modelo estático de la materia, (5) efectos del calor en el movimiento de partículas.

Además, las proposiciones fueron clasificadas, en el mismo cuadro, como *discreta* en las que se establecen relaciones entre conceptos implicados en el modelo de partículas y, como *continua*, en las que no aparece terminología del modelo microscópico.

1. Conservación de la materia

Éste es un tema que se incluye en los currículos de educación media básica y media superior y cuyo aprendizaje es muy problemático para los estudiantes dado que

para muchos, las sustancias desaparecen cuando las pierden de vista y, por tanto, no mantienen su peso porque se "diluyó", "desintegró", etc.

Por principio, cabe precisar que este tema es muy complejo de comprender, pero a la vez es uno de los conceptos fundamentales en el estudio de la química.

2. Transmutación

Muchos estudiantes, en su intento por dar explicación a los fenómenos, consideran que se crean nuevas sustancias cuando ya no es posible ver las sustancias originales, tal y como estaban al inicio (Andersson, B., 1990).

3. Uso de la interpretación macroscópica para explicar lo submicroscópico

Este recurso es muy frecuentemente usado en las explicaciones que dan los alumnos acerca de los fenómenos indagados en el aprendizaje de la química (Andersson, 1990) y se basa en transpolar las características de las sustancias o eventos macroscópicos a la explicación de lo que sucede a nivel de las partículas.

4. Modelo estático de la materia. Sólo se concibe lo que se ve; de lo contrario, no existe

A los estudiantes se les dificulta, en gran medida, comprender que la materia, al nivel de partículas, se encuentra en constante movimiento; si bien esto se les enseña cuando estudian los estados de agregación de la materia y es uno de los aspectos de comparación entre ellos. La idea de que la materia está formada por partículas que se encuentran en permanente agitación es contraintuitiva, razón por la cual a los alumnos se les dificulta aceptarla. En todo caso, se impone el conocimiento que les llega a través de los sentidos, que es una materia estática y, además, continua, otra contradicción al nivel de partículas. Cabe precisar que ni la parte experimental donde se contradice este conocimiento sensorial-estático logra romper esa interpretación empirista. Tal dificultad

de comprensión conceptual contraintuitiva es reconocida también en otros trabajos relacionados con la comprensión de la naturaleza particular de la materia (ver en capítulo precedente, 2.1, p. 58).

Una de las características fundamentales la materia que explican su comportamiento desde un nivel microscópico o de partículas, es el hecho de que éstas se encuentran en movimiento permanente, mismo que es mayor en los gases, menor en los líquidos y, en los sólidos son vibraciones. Sin embargo, esto es ignorado por la mayoría de los alumnos, ya que se contrapone a la percepción de la materia como algo estático.

5. Efectos del calor en el movimiento de partículas

Muchos estudiantes saben, por experiencia cotidiana, que es más fácil disolver azúcar en agua cuando ésta se encuentra a elevada temperatura, y que se presenta el efecto contrario, si se intenta en agua a baja temperatura, pero no cuentan con una base conceptual como lo es la teoría cinética para explicar el proceso a nivel de partículas.

3.2 Análisis de las ideas de los alumnos del CCH-Sur, planteles particulares y carrera de biología vinculadas a los conceptos básicos de química. Grupo I

Introducción

A continuación se presenta un análisis detallado de las ideas de los estudiantes en relación con cada uno de los conceptos básicos de química indagados: disolución, mezcla, mezcla homogénea, mezcla heterogénea, compuesto químico, elemento químico, factores que afectan la disolución (agitación mecánica, reposo, tamaño de las partículas, temperatura, naturaleza de las partículas del soluto) y métodos de separación de los componentes de la mezcla agua/sal/limadura de hierro.

Cabe precisar que si bien el factor reposo no altera a la disolución, fue considerado para explorar las ideas de los alumnos vinculadas al movimiento de partículas.

También es pertinente aclarar que las ideas de los estudiantes referentes a los conceptos de disolución y de mezcla homogénea, que se refieren a lo mismo según la literatura, se han presentado por separado debido a que para la mayoría de los alumnos entrevistados son diferentes, tal como se muestra en los cuadros correspondientes.

3.2.1 Consideraciones generales

Antes de analizar por separado las representaciones mentales de los estudiantes en cada uno de los conceptos, es importante destacar como primera apreciación, la gran dispersión en las ideas vertidas para cada rubro.

Las ideas que dieron los estudiantes en relación con cada uno de los temas se agruparon por conceptos, en cuadros. El número total de ideas que se presentan en cada uno de los conceptos, no corresponde necesariamente al número de estudiantes entrevistados, ya que un mismo estudiante emitió más de dos concepciones o ideas previas o ninguna; así, por ejemplo, para el concepto de disolución se encontraron 9 ideas diferentes emitidas por 18 estudiantes. Igual cantidad de concepciones fue identificada para el concepto de temperatura pero, en este caso, emitidas por nueve alumnos; en tanto que para los conceptos de cambio químico, como para elemento químico, se localizaron ocho ideas, pero fueron expuestas por 10 y 20 alumnos, respectivamente; esta misma cantidad de ideas diferentes se dio para explicar los métodos de separación de los componentes del sistema agua/cloruro de sodio/limadura de hierro. Donde hubo una menor cantidad de ideas para explicar el fenómeno, fue en la clasificación de mezclas homogéneas (tres) y en las heterogéneas (dos), no porque los entrevistados hayan coincidido en sus explicaciones, sino porque fueron muy pocos los que respondieron a éstas (cinco y cuatro, respectivamente).

Otra apreciación general relacionada con las ideas de los estudiantes vinculada a los conceptos básicos de química, es que hay bastante confusión en el manejo de la terminología científica; los estudiantes la introducen, pero en muchas ocasiones como comodines, sin un empleo adecuado de las mismas, aunque en algunas ocasiones sus ideas son correctas o parcialmente correctas.

Esto nos lleva a considerar que los alumnos no cuentan con un modelo de materia a nivel de partículas que dé soporte conceptual a sus explicaciones, por lo que son muy escasas las respuestas que se acercan a las científicas. Muchos de ellos dieron explicaciones iniciales, aparentemente adecuadas, utilizando terminología especializada, pero a través de las entrevistas clínicas, donde se busca comprender el sentido que los estudiantes dan a sus respuestas, se constató que lo que los alumnos decían eran construcciones conceptuales academicistas y superficiales acerca de la interpretación de los fenómenos

provocados en la experiencia desarrollada por ellos mismos y que, a través del proceso del interrogatorio, varias de ellas no pudieron ser sostenidas, suficiente o adecuadamente argumentadas.

Los estudiantes, inicialmente son capaces de evocar una definición; sin embargo, ésta no es adecuadamente funcional para comprender y explicar una fenomenología determinada. Al parecer, sus conceptos se encuentran aislados y no parten de una base teórica o nicho conceptual que dé coherencia y sentido a sus observaciones fenomenológicas. Así, podremos apreciar a través de este trabajo, cómo esos conocimientos que no tienen una articulación, son en sí mismos insuficientes para dar cuenta conceptualmente sobre una situación concreta que demanda de una interpretación y explicación multicausal.

En relación con el semestre escolar, en este grupo no se aprecia una evolución de las representaciones de los estudiantes. Por ejemplo, de los tres que respondieron que no hay conservación de la masa del soluto, en el sistema agua/azúcar, uno cursaba el segundo semestre de bachillerato, otro el cuarto semestre y uno corresponde al estudiante de cuarto semestre de la licenciatura en Biología.

A continuación se presentan algunas apreciaciones más particulares en relación con las ideas de los estudiantes para cada uno de los temas indagados.

Al terminar de enunciar cada idea, entre paréntesis aparece el número correspondiente a la misma, tal como aparece en el cuadro correspondiente. También, cabe precisar que en los fragmentos de entrevista, las preguntas del entrevistador aparecen en letras mayúsculas y las intervenciones de los estudiantes, en minúsculas.

3.2.2 Utilización de la noción de disolución

Las ideas de los estudiantes en relación con el concepto de disolución son muy dispersas. En el análisis de las entrevistas, se identificaron nueve concepciones y sólo tres de ellas fueron compartidas por más de un estudiante.

Siete estudiantes (53.84 %) conceptualizaron la disolución como un cambio químico. Ellos precisaron que una disolución se produce:

Porque tiene un soluto y un solvente. Cuando el soluto se disuelve hay cambio químico, por ejemplo, sal en agua. Se vuelven uno. (1.1).

Cabe precisar que para uno de estos estudiantes, el soluto efectivamente desaparece, no solo a la vista, porque

El azúcar se disuelve y no pesó nada en comparación del agua.

Probablemente, influenciados por el efecto perceptivo correspondiente al cambio de apariencia de la sal, la cual, una vez disuelta deja de verse debido a que sus partículas (iones) se separan y dispersan entre las moléculas del agua, hasta alcanzar el tamaño de partículas submicroscópicas. Cada uno de los componentes conserva sus propiedades físicas y químicas, de ahí que se trate de un cambio físico puesto que no hay reacción química entre ellos. Quizá estos estudiantes consideran que al mezclar el azúcar o la sal en agua se produce una nueva sustancia, o sea, que hubo un cambio químico, ya que la afirmación "se vuelven uno", da la idea de que ya no existen los dos componentes que formaron la disolución sino sólo uno. No consideran que el soluto y el solvente siguen siendo dos entidades que mantienen cada uno sus particulares propiedades. Esta idea de concebir el proceso de disolución como un cambio químico es muy recurrente y aparece en todos los trabajos de investigación revisados sobre el tema (Prieto, T. *et al.* 1989; Stravidou, H. *et al.* 1989; Bullejos, J. *et al.* 1993; Ebenezer, J. *et al.* 1996).

Dos alumnos (uno de 2º semestre de bachillerato y otro de 4º semestre de biología) hablan de la disolución de un sólido en líquido, desde el punto de vista de cambio de fase, de sólido a líquido:

Al disolver, la sal desaparece, sigue ahí, pero no en el mismo estado, el sólido se vuelve líquido. Porque el agua absorbió la sal. (1.4)

Cuando el azúcar/sal se disuelve en agua, la disolución resultante está en forma líquida. Es importante destacar que sólo podemos hablar de disolución cuando las partículas de la fase dispersa (solute) tienen el tamaño de átomos, iones o moléculas. Otra característica de las disoluciones es que su composición y propiedades son uniformes en todas sus partes, todas sus moléculas o iones se encuentran homogéneamente distribuidos, razón por la cual no es posible distinguir sus componentes puesto que se trata de una sola fase. De acuerdo con Prieto, T., Blanco, Á. y González, F. (1989b), también encontraron esta idea, en su estudio realizado con alumnos españoles de 11 a 14 años de edad; ellos afirman que el término 'fundir' no es adecuado desde el punto de vista químico, ya que el soluto no se convirtió en líquido cuando se disolvió y que el término 'fundir' es muy usado y aceptado por los estudiantes y también por los adultos en contextos que no son estrictamente científicos (Driver, R., 1985, en Prieto, T. *et al* 1989b; Ebenezer, J. *et al*. 1996).

En el estudio de Ebenezer, J. y Erickson, G. (1996) realizado con 13 estudiantes canadienses de grado 11, se encontró que algunos de los alumnos llamaron "fusión" al proceso de disolución; las ideas enmarcadas en esta concepción, dicen, pueden ser caracterizadas por: (a) un punto de vista continuo del "estado líquido" y (b) un punto de vista particular del "estado líquido" porque ellos no ven el sólido azúcar, por más tiempo. Los alumnos sólo ven un líquido en el recipiente. En este trabajo de Ebenezer y Erickson, ellos encontraron que los estudiantes parecieron confundidos ante el estado líquido de la solución y el estado líquido de la sustancia pura, semejante a la fusión de la cera o del hielo; es decir, entre el verdadero estado líquido y un estado líquido de la solución.

Volviendo a los resultados de esta tesis, cabe precisar que sólo un estudiante (4º semestre de bachillerato) respondió de manera más cercana al concepto aceptado de acuerdo con lo descrito en la literatura:

Azúcar y agua es una solución. El azúcar no se ve porque al revolver se distribuye en el agua y sus moléculas no se ven a simple vista porque son muy pequeñas. (1.10)

La idea 1.9 (ver tabla 1) hace referencia a 'pedacitos' otorgándole un significado más cercano a la vida cotidiana.

Las ideas 1.2, 1.3 y 1.6 tienen un fuerte carácter macroscópico y determinado por la percepción; en particular, la segunda y la tercera de estas ideas son semejantes a la analogía de la esponja, la cual en la vida cotidiana, actúa como absorbente impidiendo la visualización de las sustancias absorbidas. Por otra parte, la idea 1.5 aunque incorpora la palabra molécula, aunque de manera inadecuada. Para referirse a las partículas de la sal, podríamos deducir que se trata más bien de una extensión del mundo macroscópico en la interpretación del submicroscópico. En cuanto a la idea 1.7, podemos decir que está más orientada a una concepción de la disolución en término de cambio químico, al igual que las ideas agrupadas en 1.1; la razón de separarla fue para destacar su carácter antropocéntrico.

Como ya se indicó, sólo un estudiante de cuarto semestre dio una definición más cercana a la literatura. Y sólo en tres ideas contenidas entre las nueve concepciones (1.1, 1.5 y 1.8) se dieron interpretaciones de tipo discreto. En la concepción 1.1, por ejemplo, en la última expresión, se habla indiferenciadamente en dos niveles: macro (sal) y micro (átomos). En la concepción 1.5, inadecuadamente se describe a la sal en términos de moléculas. Por último, en la concepción 1.8, adecuadamente se llaman moléculas a las del azúcar y a las del agua.

Tabla 1

Ideas de los estudiantes acerca del concepto de disolución

N = 13 (cinco de 2º y seis de 4º semestres de bachillerato, y dos de 3º y 7º semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes	bachill/semes		biolog/semes		Total
	2º	4º	3º	7º	
CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares					
Es cuando:					
1.1. el soluto se disuelve. Hay cambio químico , por ejemplo, la sal en agua. El azúcar se disuelve porque se va mezclando con el agua; se están volviendo uno . Al disolverse la sal, pierde sus propiedades . Se unió a los átomos del agua .	1	4	1	1	7
1.2. el soluto se disuelve, desaparece .	3	-	-	-	3
1.3 al disolver, la sal desaparece, sigue ahí, pero no en el mismo estado, el sólido se vuelve líquido . Porque el agua absorbió la sal.	1	-	-	1	2
1.4 El azúcar absorbe el agua.	1	-	-	-	1
1.5 la sal se deshace en el agua, se disolvió porque las moléculas de la sal son muy pequeñas y las del agua muy grandes.	1	-	-	-	1
1.6 las sustancias se combinan , se mezclan, es una mezcla.	1	-	-	-	1
1.7 el azúcar se integra al agua, es como si las bolitas del agua guardaran a las del azúcar, como que las agarra, se meten adentro del agua, el agua las envuelve .	1	-	-	-	1
1.8 Azúcar y agua es solución. El azúcar no se ve porque al revolver se distribuye en el agua y sus moléculas no se ven a simple vista porque son muy pequeñas.	-	1	-	-	1
1.9 se hacen más pequeños los pedacitos de azúcar.	-	1	-	-	1
Total	9	6	1	2	18

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.3 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de mezcla

Una característica importante de las mezclas es que en éstas, al contrario de los compuestos químicos la proporción de sus componentes puede variar arbitrariamente. Sin embargo, ningún estudiante hizo hincapié en esta característica. Aunque a las mezclas homogéneas se les llama también soluciones o disoluciones, los estudiantes no establecieron esta igualdad y las describieron como si fueran diferentes. Es probable que esto se encuentre influenciado por la forma en que se presentan en algunos libros, donde se pasa de un término a otro sin aclararlo previamente, o a la falta de claridad y consistencia en la comprensión y uso de la terminología.

La conceptualización o caracterización de lo que es una mezcla fue de gran dificultad para los estudiantes entrevistados. Las ideas identificadas se agruparon en ocho. Seis alumnos describieron la mezcla como si se tratara de la unión de los componentes; para ellos una mezcla es:

Cuando se unen los componentes. La unión uno o varios elementos o compuestos [dos alumnos de 2º y dos de 4º semestres de bachillerato; dos de lic. en biología] (2.1)

Sin más explicación.

Esta idea está más cercana a la conceptualización de cambio químico, aunque éste no es precisamente la unión o agregado de elementos y compuestos, sino que implica el reordenamiento de los átomos de las sustancias reaccionantes que dan como producto una nueva combinación química.

Las ideas 2.2 y 2.3 son las más cercanas al concepto de mezcla; por otra parte, la idea 2.5 enfatiza en la distinción perceptual de los constituyentes de la mezcla:

*Es una disolución de dos o más **líquidos, partículas**; de dos o más elementos que se alcanzan a medio disolver, se alcanzan a ver las partículas, y más o menos se identifican.* [Un estudiante de 2º y uno de 3º de bachillerato].

En este caso los alumnos se refieren al término 'partícula' como una extensión del lenguaje cotidiano, como algo visible, lo cual es contradictorio respecto a la concepción de partículas discretas, las cuales por su pequeñísimo tamaño no son visibles ni a través de un potente microscopio.

Estos alumnos identifican a las mezclas utilizando como referencia la visualización de sus componentes.

3.2.3.1 Mezcla homogénea

Sólo cinco estudiantes describieron las características de la mezcla homogénea. Para tres estudiantes una mezcla es homogénea:

Cuando no se distinguen a primera vista los elementos de la mezcla, todo se hace igual. [Alumnos de 2º y 4º semestres de bachillerato y 3º de biología] (2.1.1).

Aparentemente estos estudiantes tienen claro el concepto de mezcla homogénea; sin embargo, la aclaración “a primera vista” pone en duda su conocimiento, ya que es precisamente el tamaño (al nivel de partículas), el que determina si se trata o no de una disolución o mezcla homogénea.

Un alumno considera que es homogénea

Porque ya es una sola sustancia la que se formó. [2º semestre de bachillerato] (2.3.1)

O sea, que para este alumno, la formación de una mezcla es equivalente a la formación de un compuesto químico.

3.2.3.2 Mezcla heterogénea

Al parecer, dar cuenta de lo que son éstas resulta menos complicado para los estudiantes, quizá porque no presentan mayor confusión dado que por

observación directa es fácil identificar que no hubo una unión o reacción entre los componentes. Sin embargo, solo cuatro alumnos la describieron. Algunos estudiantes presentaron dificultades para distinguir semánticamente la palabra homogénea y heterogénea.

Tabla 2
Ideas de los estudiantes acerca de los conceptos de
2. Mezcla/2.1 M. homogénea y 2.2 M. heterogénea

N = 13 (cinco de 2° y seis de 4° semestres de bachillerato y, dos de 3° y 7° semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares	bach/ sem		biol/ sem		Tot al
	2°	4°	3°	7°	
Es mezcla cuando:					
2.1 se unen los componentes. Es la unión de uno o varios elementos o compuestos.	2	2	1	1	6
2.2 están unidas dos o más sustancias y se pueden separar por métodos físicos. Conservan sus características. Es un cambio físico.	2	-	-	-	2
2.3 el agua sigue siendo lo mismo y el azúcar también. No hay cambio químico en sus elementos.	-	2	-	-	2
2.4 se diluye la sal en el agua.	1	-	-	-	1
2.5 Es una disolución de dos o más líquidos , partículas; de dos o más elementos que se alcanzan a medio disolver, se alcanzan a ver las partículas, y más o menos se identifican. Puedo percibir los componentes.	1	1	-	-	2
2.6 la sal/azúcar absorbe el agua, porque el agua es más pesada que la sal.	-	1	-	-	1
2.7 los ingredientes se mezclan y ya no es tan fácil separarlos.	-	1	-	-	1
Total	6	7	1	1	15
2.1 Es mezcla homogénea cuando:					
2.1.1 no se distinguen a primera vista los elementos de la mezcla, todo se hace igual.	1	1	1	-	3
2.1.2 están integradas las cosas ; es cuando no hay unas partes que tengan más y otras que tengan menos. No se distingue la diferencia.	-	1	-	-	1
2.1.3 ya es una sola sustancia la que se formó.	-	1	-	-	1
Total	1	3	1	-	5
2.2 Es mezcla heterogénea cuando:					
2.2.1 se distinguen sus componentes.	2	1	-	-	3
2.2.2 no está integrado, uniforme	-	-	1	-	1
Total	2	1	1	-	4

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.4 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de compuesto químico

Inicialmente, este concepto no era objeto de investigación; dado que en ese grupo de estudiantes sólo se realizaron experiencias consistentes en cambios físicos; sin embargo, fue incluido en el análisis debido a la confusión que tienen los estudiantes en la identificación de las mezclas, como se verá más adelante.

En el análisis de las entrevistas se localizaron ocho ideas que intentan definir lo que los estudiantes entienden por compuesto químico. Sólo hay coincidencia en dos de éstas por parte de dos estudiantes, en cada una:

Se trata de un compuesto:

Cuando no se alcanzan a observar las partículas con las que está formado. [Un alumno de 2º semestre de bachillerato y uno de 6º semestre de biología] (3.1)

La otra idea es:

Es cuando tiene dos o más elementos que se pueden separar por métodos químicos [un alumno de 2º y otro de 7º semestres de bachillerato y lic. en biología, respectivamente] (3.2)

La segunda idea pareciera dar cuenta de un agregado o suma de elementos y no de la interacción de dos clases de átomos que dan lugar a una combinación química en proporciones constantes, definidas y fijas; y por tanto, a una nueva sustancia completamente diferente de los componentes que le dieron origen.

De las ocho ideas, seis se refirieron a la interpretación de la formación de las mezclas. Un alumno de segundo semestre de bachillerato definió un compuesto tomando como ejemplo el permanganato de potasio y uno más tomó como ejemplo, un grano. Al parecer, por el tipo de respuestas, los estudiantes muestran una gran confusión en la comprensión de este concepto. La idea 3.6 corresponde a un alumno de 4º semestre de bachillerato y es la más cercana al concepto indagado.

Tabla 3
Ideas de los estudiantes acerca del concepto de
3. Compuesto químico

N = 13 (cinco de 2º y seis de 4º semestres de bachillerato y, dos de 3º y 7º semestres de la lic. en biología)

Ideas de los estudiantes	Bachill /sem	Biol/ sem	Tot al		
CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares					
Compuesto químico es cuando:					
3.1 no se alcanzan a observar las partículas con las que está formado.	1	1	-	1	3
3.2 tiene dos o más elementos que se pueden separar por métodos químicos.	1	-	-	-	1
3.3 junto cosas.	1	-	-	-	1
3.4 al disolver la sal en agua se forma un compuesto coordinador.	1	-	-	-	1
3.5 Agua/sal/Fe, es un precipitado de fierro, es un compuesto.	1	-	-	-	1
3.6 hay cambios químicos; cuando se juntaron el potasio y el permanganato hubo reacción porque el magnesio es un metal, el oxígeno es un gas y adquiere características totalmente diferentes a las de los elementos que la forman.	-	1	-	-	1
3.7 Es de lo que se compone un grano.	1	-	-	-	1
3.8 Es la unión de dos o más elementos; cuando se mezclan sus moléculas.	-	-	1	-	1
total	6	2	1	1	10

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.5 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de elemento químico

Sobre este concepto, se identificaron ocho ideas, de las cuales sólo tres fueron respondidas por más de un alumno.

Siete estudiantes (cinco de 2º y dos de 4º semestres de bachillerato) identificaron al elemento químico como:

La sal, el agua, el fierro, y el hidrógeno, el oxígeno, los elementos de la tabla periódica. (4.1)

Les sigue en frecuencia de cinco, la siguiente idea:

El fierro es un elemento porque así está en la naturaleza. [Dos alumnos de 2º y uno de 4º semestres de bachillerato y los dos de biología] (4.2).

Los dos estudiantes de biología precisaron que

El elemento químico es la unidad básica de la química, de toda las sustancias de la naturaleza. (4.3)

Este concepto es fundamental en el estudio de la química, sin embargo se observan grandes confusiones en su definición. No hay una discriminación entre compuesto y elemento tal como se aprecia en las ideas 4.1 y 4.6 de la tabla 4.

Resultados similares se encontraron en la investigación realizada por Albanese, A. y Vicentini, M. (1997) con estudiantes italianos de catorce a dieciséis años de edad para quienes al parecer al carácter discreto del modelo atómico es comprendido principalmente en la semántica del término 'átomo', como la parte de la materia que no puede ser más dividida. (Ver idea 4.4).

Tabla 4
Ideas de los estudiantes acerca del concepto
4. Elemento químico

N = 13 (cinco de 2° y seis de 4° semestres de bachillerato y, dos de 3° y 7° semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes	bach/sem		biol/sem		Total
	2°	4°	3°	7°	
CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares					
4.1 Son la sal, el agua, el fierro, hidrógeno, oxígeno, los elementos de la tabla periódica.	5	2	-	-	7
4.2 Es el fierro porque así está en la naturaleza. Es algo que está en la naturaleza y lo puedes extraer, pero no siempre, por ejemplo en el agua, el hidrógeno y el oxígeno no se pueden separar. Todo el universo está formado de átomos.	2	1	1	1	5
4.3 Es la unidad básica de la química, de todas las sustancias de la naturaleza.	-	-	1	1	2
4.4 Un elemento es lo mínimo en lo que se puede dividir; el elemento no lo puedes separar, es lo más chiquito que es el átomo. Los elementos están formados por átomos	2	-	-	-	2
4.5 Es un tipo de átomo que dependiendo de su número de protones y electrones le dan una característica específica, porque son los que forman las cosas.	-	1	-	-	1
4.6 En el agua con sal hay un elemento: el agua.	-	1	-	-	1
4.7 Son partículas o componentes de la misma especie. Es una sustancia en la que todos sus átomos son iguales, del mismo tipo.	-	1	-	-	1
4.8 Es una sustancia, son partículas de la misma sustancia unidas y si las juntas con otras forman moléculas forman compuestos.	1	-	-	-	1
Total	10	6	2	2	20

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.6 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución

Para que se forme una disolución es necesario vencer las atracciones entre las moléculas del disolvente y también las fuerzas que mantienen unidas a las partículas del soluto (ver anexo 1 para ampliar esta información). Entre las moléculas o iones del soluto y las moléculas de disolventes (agua) se generan interacciones de tipo atractivo, lo cual explica que la disolución normal o verdadera una vez realizada continuará como tal.

Los procesos de disolución de un sólido en un líquido ocurren más rápido por medio de la agitación mecánica, el aumento de temperatura (aunque hay

excepciones) y/o por el uso del sólido (en este caso sal o azúcar) lo más finamente dividido (triturado) como sea posible (Blanco, Á. *Et al.* 1997). Esta información forma parte del conocimiento empírico que se adquiere en la vida cotidiana, desde edades muy tempranas.

3.2.6.1 Agitación (externa o mecánica)

Intencionalmente se ha calificado al proceso de agitación con las palabras *externa* y *mecánica* para distinguirla de la concepción microscópica de que los cuerpos están formados por partículas submicroscópicas que se encuentran en movimiento continuo y aleatorio y que, al recibir energía mediante el calor o el movimiento externo o mecánico, incrementan su agitación. En la pregunta que alude a este proceso manual de agitación, el cual provoca que haya una mayor superficie de contacto del soluto con el disolvente y a la vez, un incremento en el movimiento de las partículas, conlleva a que la disolución se lleve a cabo con mayor rapidez.

La idea más frecuente es aquella que hace referencia a la necesidad de agitar para que se forme la disolución. En este caso, ocho estudiantes de bachillerato (cinco de 2º y tres de 4º semestres) y uno de cuarto semestre de biología consideran que la agitación mecánica:

Es necesaria para que se disuelva; si no se agita, se asienta el azúcar.
(5.1.1.1)

Con lo cual se pone en evidencia el desconocimiento de una de las características de la teoría molecular de la materia que hace referencia a que ésta se encuentra en movimiento constante, aunque la percibamos de manera estática. Ésta es una información fundamental entre otra, para comprender la naturaleza de la materia. De acuerdo con la teoría de partículas de la materia, ésta es discontinua y está formada por partículas discretas llamadas átomos, que se mantienen unidos a través de enlaces químicos; esto le da a la materia una

aparición de continuidad. El hecho de no incorporar esta información por parte de los estudiantes podría explicar sus confusiones en el uso del modelo de partículas.

Para explicar el efecto de la agitación mecánica, los estudiantes hicieron uso de los siguientes términos: *deshacer*, *romper*, *acomodar*, *asentar*, *remojarse*, *hacer más chiquito*, al referirse a lo que sucede con el soluto. Lo que evidencia que el alumno recurre a explicaciones alejadas de la disciplina e intenta dar cuenta de estos procesos a partir de explicaciones que tienen su origen en la vida cotidiana.

Tabla 5.1

Ideas de los estudiantes acerca de 5.1.1 Agitación y 5.1.2 Reposo

N = 13 (cinco de 2° y seis de 4° semestres de bachillerato y, dos de 3° y 7° semestres de lic. en biología)

IDEAS DE LOS ESTUDIANTES Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur y Lic. En Biología, UNAM	bachill/ sem		biol/ sem		Tot al
	2°	4°	3°	7°	
5.1.1 La agitación					
5.1.1.1 Es necesaria para que se disuelva; si no se agita, se asienta el azúcar.	5	3	-	1	9
5.1.1.2 Sin agitación sólo se disolverían algunas partículas ; las que quedaron en el agua antes de asentarse.	1	-	-	-	1
5.1.1.3 Sin ella, se diluye porque está remojada , pero tardaría años .	1	1	-	-	2
5.1.1.4 Al agitar, los granitos se deshacen y se juntan con el agua.	1	-	-	-	1
5.1.1.5 Al agitar, las particulitas del agua chocan con las otras y las van rompiendo , o las mismas particulitas van chocando con el vaso y se van rompiendo, se hacen más chiquitas y se van disolviendo. Al agitar se ejerce una fuerza que hace que el azúcar se haga más chiquita .	-	2	-	-	2
5.1.1.6 Se necesita movimiento (externo) para que se acomoden las moléculas en el medio acuoso, después se quedan fijas .	-	1	-	-	1
Total	8	7	-	1	16
5.1.2 En reposo:					
5.2.2.1 El grano disuelto va a caer al fondo por su peso/inercia porque no está totalmente unido al agua, no se mezcló químicamente.	2	2	-	1	5
5.2.2.2 Cuando dejamos de revolver se sale el granito del agua y se asienta .	1	-	-	-	1
5.2.2.3 El azúcar va a seguir diluida porque no hay ningún factor que altere el estado en que se encuentra.	1	-	-	-	1
5.2.2.4 No afecta porque se unieron las moléculas del agua y el azúcar.	-	1	-	-	1
5.2.2.5 No afecta porque el azúcar ya se incorporó al agua y es difícil que se vuelva a agrupar.	-	1	-	-	1
Total	4	4	-	1	9

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.6.2 Reposo

En el mismo sentido y bajo la misma explicación teórica, se encuentra la respuesta dada por cinco estudiantes (cuatro de bachillerato: dos de 2º y dos de 4º semestres y un de 7º semestre de biología) frente a la pregunta: que le pasaría a la azúcar-sal una vez disueltos en agua, cuando se dejan en reposo y cubierta la disolución; ellos consideran que el grano caerá al fondo, por su peso o inercia. Algunos dan explicaciones sobre este fenómeno afirmando que:

Cuando dejamos de revolver se sale el granito del agua y se asienta.
(estudiante de 2º semestre de bachillerato) (5.1.2.2)

La idea 5.1.2.4 correspondiente a dos estudiantes de 4º semestre de bachillerato refleja que este fenómeno es interpretado como una reacción química:

No afecta porque se unieron las moléculas del agua y el azúcar, porque el azúcar ya se incorporó al agua y es difícil que se vuelva a agrupar

Un estudiante simplemente responde, pero no explica:

El azúcar va a seguir diluida porque no hay ningún factor que altere el estado en que se encuentra. (2º semestre de bachillerato).

Las ideas de los estudiantes relacionadas con el papel de la agitación externa y al efecto del reposo dejan entrever un completo desconocimiento de la teoría corpuscular y dinámico de la materia; se manifiesta una predominante concepción estática de la materia, ya que no concibe la posibilidad de producir la disolución sino se le aplica movimiento externo y, por otro lado si no hay movimiento visible, como consecuencia:

El grano disuelto va a caer al fondo por su peso/inercia/porque no está totalmente unido al agua, no se mezcló químicamente. (5.1.2.1).

Para los estudiantes, la disolución formada es concebida como momentánea a lo que se atribuye que consideren que se requiere de agitar constantemente o de lo contrario, al dejar de hacerlo o dejarla en reposo, el soluto (sal) precipitará.

3.2.6.3 Tamaño de las partículas del soluto

Para la explicación acerca de la influencia del tamaño de las partículas en el proceso de disolución, se exteriorizaron ocho ideas, de las cuales sólo en dos, hubo coincidencia (5.2.1.1 y 5.2.1.2):

*Tarda más en disolverse por el **peso** del grano ya que están todos **juntos**. No es lo mismo un granito a una roca (2º y 4º semestres bachillerato).*

*Tarda más en disolverse por la **dureza**, hay que pegarle al grano y moverlo más para que se deshaga (dos estudiantes de 4º semestre de bachillerato) (5.2.1.2).*

Los conceptos empleados para explicar la influencia del tamaño de las partículas del soluto en los procesos de disolución, están asociadas a las acciones: *deshacer* y *jalar*; a la propiedad de *dureza* y al *peso*. Esto muestra el desconocimiento de la teoría atómico molecular de la materia, ya que de nuevo recurren a la terminología y explicación que tiene su base en la experiencia cotidiana.

Sólo la idea 5.2.1.8 es más próxima a la explicación escolar. Ésta corresponde a una estudiante de 2º semestre de bachillerato cuyas respuestas

fueron cualitativamente diferenciadas del resto de este grupo de estudiantes. Ella cursó en Inglaterra un año preparatorio al bachillerato.

Tabla 5.2
Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución,
5.2 Tamaño de las partículas del soluto
 N = 13 (cinco de 2º y seis de 4º semestres de bachillerato y, dos de 3º y 7º semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares	bachill/ sem		biolo/ sem		to tal
	2º	4º	3º	7º	
5.2.1 A mayor tamaño tarda más en disolverse					
5.2.1.1 por el peso del grano ya que están todos juntos; no es lo mismo un grano a una roca.	1	1	-	-	2
5.2.1.2 por la dureza , hay que pegarle al grano y moverlo más para que se deshaga.	-	2	-	-	2
5.2.1.3 porque tiene que irse partiendo, deshaciendo .	-	1	-	-	1
5.2.1.4 porque tendría que disolver primero el grano grande y luego los granitos .	1	-	-	-	1
5.2.1.5 porque sus granos están más juntos .	-	-	-	1	1
5.2.1.6 A mayor tamaño, hubieran quedado residuos de azúcar en grano.	1	-	-	-	1
5.2.2 A menor tamaño					
5.2.2.7 Un grano fino se disuelve porque lo jala más rápido el agua	-	1	-	-	1
5.2.2.8 A menor tamaño, los granos chiquitos, casi toda la partícula tiene contacto con el agua y es más rápido.	1	-	-	-	1
Total	4	5	-	1	10

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.6.4 Efectos de los cambios de temperatura

También el incremento de la temperatura facilita el proceso de disolución, en la mayoría de los casos, este es un conocimiento empírico que se adquiere en la experiencia diaria, pero rara vez nos detenemos a pensar acerca del por qué es así. En la escuela, a través del estudio de la teoría cinética se espera que los estudiantes estén en condiciones de explicar los procesos vinculados a los cambios de temperatura al nivel de partículas.

La temperatura y el calor, son temas que presentan grandes dificultades para su comprensión en los estudiantes. Esto ha sido ampliamente investigado

(Erickson, G., 1979; 1985; Osborne, R. *et al.* 1983; Engel C., E. y Driver, R., 1985; Kesidou, S. y Duit, R., 1993; Johnson, P., 1998). Se ha encontrado, por ejemplo, que los estudiantes conciben el calor como una sustancia material y con las propiedades generalmente atribuidas a la materia (Erickson, G., 1979; Domínguez, J., De Pro, A. y García-Rodeja, E., 1998) y que algunas de las ideas expuestas por los estudiantes son virtualmente idénticas al concepto de calor prevaleciente a finales del siglo XVIII y principios del XIX (la teoría del calórico) (Erickson, 1979).

La temperatura es uno de los parámetros que describen el estado de agregación de un sistema; es una propiedad macroscópica que expresa el estado de agitación de las partículas. El conocimiento de la temperatura es básico para predecir los cambios que tendrán lugar en un sistema cuando interactúa con otro sistema (Erickson, G. y Tiberghien, A., 1985). La temperatura es una magnitud intensiva relacionada directamente con la energía cinética molecular media de las partículas y, en consecuencia, con la agitación de las mismas (Domínguez, J. *et al.* 1998).

De acuerdo con la teoría cinético-molecular, a medida que se adiciona energía calorífica a una sustancia, se contrarrestan las fuerzas de atracción que mantienen unidas a las partículas (Keenan, Ch., Kleinfelter, D. & Wood, J., 1985) y se facilita su disolución, en la mayoría de los casos.

Cabe precisar que esta tarea es la que presentó un mayor grado de dispersión en las respuestas dadas por los estudiantes, ya que ninguna fue dicha por más de un estudiante. Además, de los trece estudiantes que fueron entrevistados, sólo nueve respondieron.

En la exploración de las ideas de los alumnos acerca el efecto del cambio de temperatura en el sistema (agua/azúcar) se puso de manifiesto que no cuentan con bases de la teoría cinético-molecular para interpretar el fenómeno y recurren a explicaciones mágicas (ver, por ejemplo, la idea 5.3.1.4), al uso de analogías

(5.3.1.9), a explicaciones inducidas por la percepción del fenómeno (5.3.1.3 y 5.3.1.7), dos respuestas simplemente no dan cuenta del fenómeno (5.3.1.2 y 5.3.1.8), una hace referencia a la rapidez en la pérdida de las propiedades del azúcar (5.3.1.6). Sólo un estudiante recurre a la teoría cinético molecular para explicar el porqué el azúcar se disuelve más rápido en agua caliente que en agua a temperatura ambiente o que en agua fría (5.3.1.1).

Los alumnos utilizan los siguientes términos: *mover, integrar, derretir, expandir, absorber, deshacer, receptivo y perder más rápido sus propiedades*. Lo que muestra una gran diversidad en la forma de interpretar, a la luz de sus experiencias cotidianas, el efecto de la temperatura en el proceso de disolución.

Tabla 5.3
Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución,
5.3.1 Temperatura

N = 13 (cinco de 2° y seis de 4° semestres de bachillerato y dos de 3° y 7° semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares	bachill/ sem		biolo/ sem		to tal
	2°	4°	3°	7°	
5.3.1 En agua caliente					
5.3.1.1 Se disuelve más rápido porque al calentar se mueven las moléculas mucho más rápido y aplican la energía para separar las moléculas de azúcar. Se integran mejor las partículas.	1	-	-	-	1
5.3.1.2 No se necesita agitar.	1	-	-	-	1
5.3.1.3 Es más fácil, más rápido, porque la azúcar se derrite, se vuelve más líquida porque cuando el agua está caliente, se expanden las moléculas y tienen más capacidad para absorber otra sustancia.	1	-	-	-	1
5.3.1.4 El azúcar se deshace más rápido, la jala el agua.	-	1	-	-	1
5.3.1.5 El azúcar se integra más fácil.	-	1	-	-	1
5.3.1.6 El azúcar perdería más rápido sus propiedades .	-	-	-	1	1
5.3.1.7 Si se aumenta la temperatura se puede disolver más porque el agua caliente se hace más receptiva, se hace más extensible .	-	1	-	-	1
5.3.1.8 Las partículas o moléculas de azúcar se disuelven rápido.	-	1	-	-	1
5.3.1.9 En agua fría tardaría más tiempo en disolverse porque está más cercana a formarse el hielo y el azúcar no se puede disolver en hielo.	-	-	1	-	1
Total	3	4	1	1	9

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.6.5 Naturaleza del soluto

El conocimiento de la naturaleza del soluto y del disolvente en los procesos de disolución es fundamental para la comprensión de este fenómeno, ya que no todos los materiales son solubles entre sí (ver anexo 1).

Para indagar las ideas de los estudiantes en relación con este rubro, se utilizó una sustancia que no fuera soluble en agua como lo es la limadura de hierro y otra soluble, como lo es el cloruro de sodio (sal de mesa). Sólo se documentaron siete ideas, de las cuales, en tres hay coincidencia por tres estudiantes (dos de 2º y uno de 4º semestres de bachillerato):

El fierro no se disuelve porque su peso lo lleva al fondo y porque es más denso que el agua. Sus partículas no se adhieren al agua. (5.4.1)

Cabe precisar que todas las ideas tienen una influencia eminentemente perceptiva y sólo una basa su explicación en conocimientos acerca de la composición de los componentes:

El fierro no se va a disolver en el agua porque no es polar. El agua sí se disuelve porque al igual que el cloruro de sodio es polar y lo polar disuelve lo polar. [Alumna de 3º semestre de Biología] (5.4.4)

La imposibilidad de disolver la limadura de hierro en agua, fue explicada por los estudiantes a partir de asignarle las siguientes características en comparación con la sal *pesadez*, y mayor *solidez* y *densidad* que la sal.

Tabla 5.4

Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución,
5.4.1 Naturaleza del soluto

N = 13 (cinco de 2º y seis de 4º semestres de bachillerato y, dos de 3º y 7º semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes	bachill/sem		biolo/sem		total
	2º	4º	3º	7º	
CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares					
5.4.1 La limadura de hierro no se disuelve en agua porque					
5.4.1 su peso lo lleva al fondo y porque es más denso que el agua. Sus partículas no se adhieren al agua.	2	1	-	-	3
5.4.2 sus partículas no se adhieren al agua.	1	-	-	-	1
5.4.3 El fierro nunca se va a disolver.	-	1	-	-	1
5.4.4 no es polar . El agua sí se disuelve porque al igual que el cloruro de sodio, es polar y lo polar disuelve lo polar.	-	-	1	-	1
5.4.5 tiene una composición más sólida que la de la sal.	-	-	-	1	1
Total	3	2	1	1	7

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.7 Ideas de los estudiantes acerca de los métodos de separación de una mezcla heterogénea (agua/cloruro de sodio/limadura de hierro)

Una de las características de las mezclas es la posibilidad del proceso de reversibilidad a través de métodos físicos para la separación de sus componentes. Este conocimiento se concreta en la práctica experimental, donde los estudiantes manipulan los procesos de formación de mezclas y luego la separación de sus componentes utilizando diferentes y diversos procedimientos a través de los cuales se pretende que se les aclaren y refuercen los fundamentos teóricos acerca del por qué el proceso de formación de una mezcla no da lugar a nuevos compuestos químicos, sino que se trata de un cambio físico.

Con la interrogante ¿consideras que podríamos volver a tener la sal, el agua y la limadura de hierro, tal como estaban antes de ser mezclados? se indagó la consistencia en el manejo conceptual de mezcla.

Se identificaron diferentes respuestas (tres de 4º semestre de bachillerato y uno de 3º semestre de biología) coinciden en el método propuesto, aunque cabe señalar que no llegaron a explicar por qué la sal no se evaporaba junto con el agua, cuando la mezcla se pone en una fuente de calor:

Separamos el fierro filtrando. Al hervir el agua, la sal queda abajo y al condensar, el vapor de agua se vuelve líquida. (6.1)

También hubo coincidencia en la proposición de otro de los métodos, por dos estudiantes (3º semestre de bachillerato y 6º de biología)

Separamos el fierro filtrando. Al hervir el agua, la sal se sale con el vapor. Por ejemplo, el agua la hervimos para sacarle los minerales. (6.2)

En esta idea se deja ver que hay un desconocimiento de que cada componente conserva sus propiedades físicas, lo que permite su separación a través de métodos físicos. También hay una serie de creencias acerca de por qué hay que hervir el agua para tomarla, y se hace uso de este conocimiento; ellos, por tanto, al hervir la disolución creen que las sales se evaporan junto con el agua, ya que tienen la creencia de que el proceso de ebullición del agua tiene la finalidad de quitar las sales al agua de consumo humano.

Un estudiante de 2º semestre de bachillerato argumentó en función de que la sal, efectivamente desapareció y por tal razón, ésta ya no podríamos volver a recuperarla:

El fierro sí; le quitamos el agua y lo secamos, pero la sal ya no porque los granitos ya se desintegraron y desaparecieron, no se pueden regresar a formar. (6.8)

El resto de las respuestas deja ver que los estudiantes cuentan con escasas oportunidades de trabajo experimental, lo que los lleva a recurrir, sobre todo, a sus experiencias cotidianas en sus construcciones conceptuales, en vez de utilizar los saberes escolares.

Tabla 6
Ideas de los estudiantes acerca de los
6.1 métodos de separación del sistema agua/cloruro de sodio/limadura de hierro
 N = 13 (cinco de 2° y seis de 4° semestres de bachillerato y, dos de 3° y 7° semestres de lic. en biología)

Ideas de los estudiantes	Bachill/sem		Biolog/sem		Total
	2°	4°	3°	7°	
CCH, Plantel Sur y lic. en biología, UNAM; bachilleratos particulares					
6.1 Separamos el fierro filtrando . Al hervir el agua, la sal queda abajo y al condensar el vapor de agua se vuelve líquida.	-	3	1	-	4
6.2 Separamos el fierro filtrando . Al hervir el agua la sal se sale con el vapor . Por ejemplo, el agua la hervimos para sacarle los minerales.	-	1	-	1	2
6.3 Dejando secar el agua para que quede el fierro. Para separar el agua de la sal, por métodos químicos.	1	-	-	-	1
6.4 El agua se purifica quitándole la sal y el fierro con unos papellitos que son purificación, el fierro con una cucharita se toma y se desliza por la pared del vaso hacia arriba.	1	-	-	-	1
6.5 Separamos el fierro filtrando y dejamos que se asiente la sal y quitamos el agua.	1	-	-	-	1
6.6 Evaporo el agua y queda la sal con el fierro, si sacudo el fierro queda encima y quito la capita.	1	-	-	-	1
6.7 Quitándole el agua con una cucharita.	1	-	-	-	1
6.8 El fierro sí; le quitamos el agua y lo secamos, pero la sal ya no porque los granitos ya se desintegraron y desaparecieron , no se pueden regresar a formar.	1	-	-	-	1
Total	6	4	1	1	12

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.2.8 Discusión

De lo anterior se concluye que no obstante que tanto en los currículos de secundaria, como en los de bachillerato, se incluye el tema estudiado, los estudiantes recurren, sobre todo, a explicaciones de tipo macroscópico; hay un desconocimiento a nivel submicroscópico (ligado a las teorías) acerca de los procesos que tienen lugar en la formación de las mezclas, por lo cual los alumnos recurren a explicaciones predominantemente de carácter perceptual.

De acuerdo con Caamaño, A. (1998), la enseñanza de una ciencia implica el aprendizaje de su terminología y si ésta no es comprendida, se usa inadecuadamente como aparece de manera recurrente en esta investigación.

A lo largo de las entrevistas, los estudiantes introdujeron en sus ideas la siguiente terminología:

1. VINCULADA AL TEMA DE <u>DISOLUCIONES</u> : soluto, solvente, disolver, mezclar, disolución.
2. RELACIONADA CON LOS <u>ESTADOS DE LA MATERIA</u> : sólido, líquido, gas, fundir, evaporar, condensar, vapor de agua.
3. QUE ALUDE A LA <u>NATURALEZA DISCRETA DE LA MATERIA</u> : átomo, molécula, protones, electrones.
4. QUE DESIGNA AL <u>OBJETO MISMO</u> : sustancia, elemento, compuesto, metal.
5. QUE ALUDE A <u>PROCESOS</u> : precipitado, cambio químico, cambio físico, métodos físicos (de separación), métodos químicos (de separación), filtrar, hervir.
6. RELACIONADA CON LAS <u>PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS</u> : peso, fuerza, inercia, energía, temperatura.
7. RELACIONADA CON LAS <u>CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS</u> : frío, caliente, desintegrar, purificar, asentar.

Estos términos, como se vio en el análisis precedente, los usaron de manera arbitraria, muchas veces como comodines. Por ejemplo, en las ideas relacionadas con las propiedades físicas, usaron los términos peso, fuerza, inercia, energía y temperatura, como propiedades de los cuerpos; al igual que frío, caliente, desintegrar, purificar y asentar, como características propias de las sustancias.

Esto nos muestra que si bien los alumnos aprenden algunos de los términos específicos, desconocen su significado científico y, por tanto, tienen problemas para su utilización adecuada y para la comprensión de los fenómenos de los cuales tratan de dar cuenta.

Por las representaciones de los estudiantes, generadas durante la entrevista, se concluye que tienen muy poca experiencia en el trabajo experimental, ya que cuando se les pedía que pesaran, la mayoría no se aseguró que el instrumento de medida estuviera balanceado, como tampoco consideraban el peso del papel y el vaso donde colocaban el azúcar y el agua, respectivamente. También se deduce su escasa experiencia en el trabajo experimental por el tipo de respuestas a la pregunta vinculada a los métodos de separación del sistema agua/cloruro de sodio/limadura de hierro.

Por lo anterior, se deriva que es probable que todavía haya una predominancia en la enseñanza de la química formularia, bajo una visión dogmática y estereotipada de la ciencia, alejada de la vida cotidiana de los alumnos y carente de suficiente experimentación a fin de establecer hipótesis y, su comprobación y explicación conceptual donde los estudiantes son los protagonistas principales del proceso.

3.3 Análisis de las ideas de los alumnos de la Universidad Autónoma de Sinaloa, vinculadas a conceptos básicos de química. Grupo II

Introducción

A continuación se presenta un análisis detallado de las ideas de los estudiantes entrevistados de la Universidad Autónoma de Sinaloa en relación con cada uno de los conceptos básicos de química indagados:

1. Disolución, 2. Mezcla, 2.1 Mezcla homogénea, 2.2 Mezcla heterogénea, 3. Compuesto químico, 4. Elemento químico, 5. Factores que afectan el proceso de la disolución: 5.1 Agitación mecánica, 5.2 Reposo, 5.3 Tamaño de las partículas, 5.4 Temperatura, 5.5 Naturaleza de las partículas del soluto y, 6. Métodos de separación de los componentes de la mezcla agua/sal/limadura de hierro.

Cabe precisar que si bien el factor 5.2 (reposo) no afecta, en cuanto que no altera la disolución ya hecha, fue considerado para explorar las ideas de los alumnos vinculadas al movimiento de partículas.

También es pertinente aclarar que las ideas de los estudiantes referentes a los conceptos de disolución y de mezcla homogénea se han presentado por separado debido a que para la mayoría de los alumnos entrevistados son diferentes, tal como se muestra en los cuadros correspondientes.

3.3.1 Consideraciones generales

Antes de analizar por separado las representaciones mentales de los estudiantes para cada uno de los conceptos, es importante destacar, que éstas

fueron extraídas de diversas partes de las entrevistas y sólo cuando se encontraron explicaciones con sentido es que fueron incorporadas.

Una primera apreciación, es la gran dispersión en las representaciones vertidas por los estudiantes para cada tema indagado.

Las ideas de los estudiantes en relación con cada uno de los temas, se agruparon en cuadros, por nivel educativo y semestre escolar. El número total de ideas que se presentan en cada uno de los temas no corresponde, necesariamente, al número de estudiantes entrevistados, ya que un mismo estudiante emitió más de dos o ninguna idea, en distintos momentos de la entrevista; así, por ejemplo, en el concepto de disolución se identificaron 13 ideas diferentes (cuatro más que las encontradas en el grupo I), le sigue en cantidad de ideas encontradas, los conceptos relacionados con los factores temperatura y naturaleza del soluto con ocho ideas diferentes, en cada caso. El concepto elemento químico generó siete ideas diferentes. Y sólo se identificaron tres en la explicación de los métodos de separación de los componentes del sistema agua/cloruro de sodio/limadura de hierro.

Donde hubo una menor cantidad de ideas para explicar el fenómeno provocado, fue (al igual que en el grupo I) en la clasificación de mezclas homogéneas (2) y en las heterogéneas (2). En la caracterización de lo que es un compuesto químico, sólo se identificaron tres ideas correspondientes a cuatro estudiantes.

En este grupo II, hubo menos dispersión de las ideas que en el grupo I y, consecuentemente, más coincidencias, como se verá más adelante, en el análisis que se presenta para cada concepto estudiado.

Al contrario de lo encontrado en el grupo I, en relación con el semestre escolar, en general, se aprecia una evolución de las representaciones de los estudiantes, como lo veremos más adelante.

A continuación se presentan algunas apreciaciones en relación con las ideas de los estudiantes que tratan de dar cuenta acerca de cada uno de los temas indagados. En el desarrollo del análisis de las ideas, entre paréntesis se pone el número correspondiente a las mismas, tal como aparece en el cuadro correspondiente. Antes bien, es importante recordar que si bien los estudiantes de 1º de lic. en QFB se ubicaron en ese nivel, su influencia académica corresponde más bien al bachillerato, como se mencionó anteriormente.

3.3.2 Utilización de la noción de disolución

Es en este concepto donde se encontraron más ideas (13)³⁶ y, por tanto, una mayor dispersión; sólo en tres de ellas (1.1, 1.2 y 1.3) hubo coincidencia por más de un estudiante. Quizá por desconocimiento de la precisión en el significado de la terminología incorporada por los estudiantes es que se presentó tal diversidad de ideas; en este caso de las disoluciones coincide con la recurrencia observada en la diferenciación que algunos estudiantes establecieron entre disolución y mezcla homogénea.

Un 40% de los estudiantes entrevistados tienen la noción de que cuando el azúcar (o la sal) es disuelto en el agua, algún tipo de reacción química o de combinación, se lleva a cabo. Para explicarlo, utilizaron diversas expresiones, en las cuales se habla de *unión de propiedades*, el reconocimiento de que una de las sustancias (soluto) *pasa a ser parte de la otra* o pasa por un proceso de *desintegración*, *degradación*, *desgaste*, *derretimiento*, e incluso, de *deshacer*,

³⁶ Cabe precisar que más de un alumno emitió más de una caracterización del concepto de disolución, razón por la cual aparecen cinco ideas más que la cantidad de alumnos participantes.

donde el fin del proceso de cambio asignado al soluto (en este caso a la sal o azúcar) es el de *integrarse al agua*. Estas descripciones corresponden a cuatro estudiantes de bachillerato y a dos de primer semestre de QFB, por lo que si tomamos en cuenta que éstos aún no tenían la influencia académica de la licenciatura, se descarta que los alumnos de la facultad de química compartan esta concepción.

Estos términos introducidos por los estudiantes dan cuenta de las dificultades que encuentran para interpretar el proceso de disolución y su conceptualización, sobre todo al nivel de partículas.

La idea 1.2, aunque aquí sólo fue expresada por dos estudiantes de bachillerato, es muy recurrente encontrarla también en otras investigaciones (Prieto, *et al.* 1989; Longden, *et al.* 1991; Valdez, *et al.* 1998). En ésta prevalece la percepción a la interpretación. Se trata de una idea más bien descriptiva que da cuenta del proceso observado donde el soluto, efectivamente desaparece de la vista. En esta misma dirección se encuentran las ideas 1.3 y 1.4; en esta última, al igual que en el grupo anterior (grupo I, idea 1.9), se habla de las partículas en términos macroscópicos, como "pedacitos" de azúcar. Esto pone en evidencia que los profesores debemos ser cuidadosos con el uso de la terminología y no dar por asentado que cuando los alumnos hablan de las 'partículas', se refieren a los átomos, moléculas o iones.

Una idea nueva que se presentó en este estudio, es la 1.5 la cual fue expresada por un estudiante de 5º semestre de bachillerato quien interpretó el fenómeno de la disolución a partir del concepto de densidad a la cual atribuye la posibilidad de flotación de las moléculas de azúcar:

Las moléculas de azúcar se encuentran flotando por la densidad del agua.
(1.5)

Las ideas que van de la 1.7 a la 1.13 son parcialmente correctas o correctas y corresponden a estudiantes de 5° semestre de bachillerato (las dos primeras) y de 5° semestre de QFB, el resto. En éstas últimas se hace evidente la influencia de los aprendizajes escolares, presentan un lenguaje más técnico, así como explicaciones al nivel de partículas, lo que hace notar el crecimiento explicativo en relación con el semestre escolar más avanzado. Cabe precisar que el mayor número de ideas identificadas (seis de trece) corresponde sólo a estudiantes del 5° semestre de QFB.

Tabla 1

Ideas de los estudiantes acerca del concepto de disolución

N = 15 (cuatro de 3° y cuatro de 5° semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB: cuatro de 1° y tres de 5° semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa	Bach/ seme		QFB/ Sem		Total
	3°	5°	1°	5°	
1. Ideas de los estudiantes acerca del concepto de disolución					
1. Es disolución cuando:					
1.1 Es cuando se unen las propiedades de la sal y del agua. La sal pasa a ser parte del agua, pero en más pequeños los granitos. La sal en agua se deshace, se desintegra; el azúcar se desgasta, derrite, desbarata y se integra al agua. La sal al disolverse en agua, se degrada.	1	3	2	-	6
1.2 El soluto se disuelve, desaparece. La sal se pierde porque se agrupa con el agua.	1	-	1	-	2
1.3 Al echar la sal a las moléculas del agua, ambas se mezclan. Disolver es combinar.	2	-	-	-	2
1.4 Con el agua, se hacen más pequeños los pedacitos de azúcar, en partículas mucho más pequeñas.	-	1	-	-	1
1.5 Las moléculas de azúcar se encuentran flotando por la densidad del agua.	-	1	-	-	1
1.6 Al mezclar dos o más sustancias sólo se observa una.	-	1	-	-	1
1.7 En la solución, el solvente es la sustancia que tiene más cantidad y el soluto, menos.	-	1	-	-	1
1.8 Son un tipo de mezclas que a partir de dos fases o componentes, se logran incorporar en una sola fase. Es incorporar una sustancia en otra.	-	-	-	2	2
1.9 La sal se disuelve en el agua porque tiene propiedades que la hacen soluble en solventes polares como el agua. Es un compuesto iónico que se disocia al ponerse en contacto con el agua, solubilizándose en ella. La sal se divide en sus dos iones. El sodio se une a la parte negativa de la molécula de agua y el cloro, a la parte positiva de la molécula de agua.	-	-	-	2	2
1.10 La sal es fácil disolverla porque es polar, tiene carga y el agua también. Se disuelven polares con polares y no polares con no polares	-	-	-	1	1
1.11 Mezclamos un sólido en un líquido y el sólido se disuelve perfectamente; logra entrar en las moléculas del líquido y se disuelve. Las moléculas de sal tienen cargas y las del agua también, entonces hay como atracción entre ellas.	-	-	-	1	1
1.12 La sal es un compuesto de sodio con cloro y el agua, como energía eléctrica va a hacer que el sodio y el cloro, como están unidos por una carga eléctrica, va quitando sus atracciones de cargas, entonces el agua se va a meter entre ellos y van a estar disueltos.	-	-	-	1	1
1.13 Se forman como arreglos entre las moléculas de agua y azúcar, hasta ya no distinguirse cuál era el azúcar y cuál el agua; formando puentes de hidrógeno entre todas las moléculas.	-	-	-	1	1
Total	4	7	3	8	22

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.3 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de mezcla

En la vida cotidiana es muy común escuchar y hablar acerca de las mezclas. En la escuela, en las clases de química se conceptualiza este término como opuesto a la terminología que hace alusión a las sustancias puras (compuestos químicos y elementos químicos). También es importante precisar que una de las aclaraciones que de manera recurrente se hacen en las clases de química es que la mayoría de los materiales que se encuentran en la naturaleza así como los que están al alcance de los estudiantes son mezclas, es decir, no puros, desde el punto de vista científico. No obstante, para los estudiantes es muy difícil dar ejemplos de mezclas cuando se les solicita; esto nos lleva a reiterar la dicotomía que existe entre la escuela y la vida. Un fragmento de entrevista es muy evidente:

Mo. ¿QUÉ TIPO DE MEZCLAS CONOCES?

Ao. Por ejemplo, el aire es una mezcla, ¿no?

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque está combinado con oxígeno y bióxido de carbono.

Mo. ¿ALGÚN OTRO TIPO DE MEZCLA?

Ao. Pues hay varios, muchas, pero no me acuerdo.

(Alumno de 3º semestre de bachillerato, entrevista 15)

Otro estudiante, también de 3º semestre de bachillerato expresa:

Mo. ¿CONOCES ALGUNA OTRA MEZCLA QUE HAYAS VISTO EN TU CASA, EN LA CALLE...

Ao. Sí, la leche.

Mo. ¿LA LECHE ES UNA MEZCLA?

Ao. Ajá.

Mo. ¿POR QUÉ PIENSAS QUE LA LECHE ES UNA MEZCLA?

Ao. Mmm porque me lo enseñaron en la escuela.

Mo. ¿NO TE IMAGINAS POR QUÉ?

Ao. Sí, porque tiene muchas sustancias y esas sustancias ahí están tal y como son nada más que no tienen, por ejemplo, el agua tiene sus mismas propiedades y eso, el calcio también tiene sus mismas propiedades y eso, y no están químicamente juntas y no están, son

las mismas moléculas ahí, están unidas ahí, juntas, sin estar entrelazadas.

Mo. ¿OTRO EJEMPLO DE MEZCLA QUE CONOZCAS?

Ao. La sangre.

Mo. ¿POR QUÉ LA SANGRE?

Ao. También por lo mismo.

Mo. TE DIJERON EN LA ESCUELA QUE LA SANGRE?

Ao. Sí

Mo. DIME OTRO EJEMPLO QUE NO TE LO HAYAN DICHO EN LA ESCUELA.

Ao. A ver...

(Alumno de 3º semestre de bachillerato, entrevista 8)

En cambio, otro estudiante pudo dar otros ejemplos donde se destacan acciones que dan lugar a las mismas:

Mo. ¿QUÉ OTRAS MEZCLAS CONOCES?

Ao. Por ejemplo, el limón y el agua, esas dos sustancias; cuando le echo kool aid al agua; cuando agarro graba con agua; cualquier sustancia con otra sustancia es una mezcla, pero un elemento con otro elemento no es una mezcla.

(Alumno de 3º semestre de bachillerato, entrevista 4)

Otro estudiante, ante la misma pregunta, da ejemplos similares:

Mo. CONOCES OTROS TIPOS DE MEZCLAS?

Ao. Pues de hecho, de las mezclas homogéneas y de las heterogéneas se derivan otras tantas.

Mo. ¿COMO CUÁLES?

Ao. Pues, la verdad, no sé.

Mo. BUENO, DIGAMOS, OTRAS MEZCLAS QUE HAYAS VISTO EN TU CASA, EN LA ESCUELA, EN LA CALLE; ALGUNA QUE SE TE VENGA A LA MENTE.

Ao. Pero, ¿por el nombre?

Mo. NO.

Ao. De una sustancia y otra, por ejemplo, una limonada

Mo. ¿POR QUÉ LA LIMONADA ES UNA MEZCLA?

Ao. Porque una mezcla se compone de dos sustancias y la limonada tiene agua, azúcar; ... bueno, de dos sustancias o más, y, limón. Y de ahí se forma una mezcla.

Mo. ¿ALGUNA OTRA MEZCLA QUE RECUERDES?

Ao. (Piensa) café. Agua con café y azúcar.

Mo. ¿ESA QUÉ TIPO DE MEZCLA SERÍA?

Ao. Homogénea.

Mo. ¿OTRA MEZCLA?

Ao. Agua con grava.

(Alumno de 1º semestre de QFB, entrevista 2)

Y, aunque otros estudiantes hablan de mezcla de manera espontánea, al indagar un poco más, podemos darnos cuenta de que es muy limitado el número de ejemplos de mezclas que pueden dar

Mo. CUANDO HABLAS DE MEZCLAS ¿QUÉ QUIERES DECIR?

Ao. Es una combinación de dos ingredientes o de dos cosas; por ejemplo, una mezcla podría ser el cebiche, es una mezcla de camarón, tomate, cebolla y cilantro, zanahoria también y se alcanzan a ver todos los ingredientes.

Mo. ¿Y QUÉ TIPO DE MEZCLA SERÍA EL CEBICHE?

Ao. Sería heterogénea.

Mo. ¿CONOCES OTRO TIPO DE MEZCLAS?

Ao. Las mezclas químicas, esas son con sustancias químicas, no precisamente tiene que ser con sustancias químicas, otro tipo de mezclas no recuerdo muy bien.

(Alumno de 1º semestre de QFB, entrevista 14)

Ahora bien, en cuanto al manejo conceptual, se identificaron tres diferentes ideas mediante las cuales los estudiantes intentan dar cuenta de lo que entienden por el concepto de mezcla. Las tres son compartidas por más de un alumno. En la idea 2.1 se describe a las mezclas como la *combinación, unión de los componentes* o de las *partículas*; en la otra idea 2.2 se establece la condición de que no hay unión o reacción química y se precisa que cada uno de los componentes que constituyen la mezcla continúa siendo lo mismo y que, además, se pueden separar por medios físicos.

Los contenidos de esta definición de mezcla retoman parte de la definición formal presentada en los libros de texto de nivel bachillerato y universitario (ver anexo 1), pero sin llegar a considerar que en las mezclas, la proporción de sus componentes varía arbitrariamente; esta característica es importante y a la vez, marca una diferencia fundamental que se establece para diferenciar la formación de una mezcla de la de un compuesto. En ninguna de las ideas de los alumnos se presentó dicha característica.

Siete estudiantes, todos de bachillerato se refieren a las mezclas en términos de combinación o unión de los componentes o partículas, lo que podría ser interpretado como cambio químico. Por otra parte, en la idea 2.2 se precisa que no hay unión química. La argumentación que se da es la más cercana a la presentación que se hace en los libros de texto (ver anexo 1). Por el contrario, en la idea 2.3 se afirma que los componentes pueden reaccionar formando compuestos.

En general, se aprecia que este grupo de estudiantes tienen idea, aunque incompleta, de lo que es una mezcla. Dos estudiantes de 5º semestre de QFB muestran una clara confusión entre compuesto químico y mezcla (ver 2.3), lo cual es de llamar la atención, ya que ambos son del 5º semestre de QFB.

3.3.3.1 Mezcla homogénea

La conceptualización de mezcla homogénea fue de las más difíciles para los estudiantes entrevistados, después del concepto de compuesto químico. Sólo siete alumnos (46.66%), exteriorizaron algún tipo de representación con sentido. De las dos ideas que se identificaron, seis de los siete alumnos que respondieron coinciden en que se trata de una mezcla homogénea porque no es posible distinguir de qué está formada, es decir, se le observa de manera uniforme y, por tanto, sólo tiene una sola fase (2.1.1). Sólo uno de los estudiantes describe a las mezclas homogéneas en el sentido de que es difícil separar sus componentes (2.1.2).

Las ideas están muy determinadas por la percepción. En ningún caso, los estudiantes hacen referencia a que las partículas de la fase dispersa tienen el tamaño de átomos o moléculas y que su composición y propiedades son uniformes en todas las partes que constituyen la disolución (ver apartado II.3.3.2).

3.3.3.2 Mezcla heterogénea

Hubo más estudiantes (12, casi el doble de los que respondieron en el caso anterior) que pudieron definir lo que entienden por mezcla heterogénea; 10 de estos estudiantes definieron una mezcla heterogénea en términos opuestos a la homogénea e incorporaron la información que hace alusión a la parte más perceptible (ver idea 2.2.1). Al igual que como en la definición de mezcla y de mezcla homogénea no incorporaron información relevante en términos especializados; aquí, por ejemplo, en ningún caso se menciona que las mezclas heterogéneas se caracterizan por tener distintas partes físicas, cada una, con diferentes propiedades, por ejemplo (ver anexo 1).

Por lo anterior, se puede afirmar que si bien se estima una comprensión del tema en cuestión, no se incorpora la teoría de partículas en sus explicaciones.

Tabla 2

Ideas de los estudiantes acerca del concepto de mezcla

N = 15 (cuatro de 3º y cuatro de 5º semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB: cuatro de 1º y tres de 5º semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa	Bach/ sem		QFB/ sem		To tal
	3º	5º	1º	5º	
2. Ideas de los estudiantes acerca del concepto de mezcla					
2.1 Es mezcla cuando:					
2.1 Se combinan, se unen, se juntan, los componentes / partículas. Es la combinación de dos o más sustancias que no pierden sus propiedades. El aire es una mezcla porque está combinado oxígeno con CO ₂ .	4	3	-	-	7
2.2 Cuando no están unidos químicamente. Es cuando no hay reacción química; el agua sigue siendo lo mismo y el azúcar también. Se pueden separar por medios físicos. Es cuando es posible separar los compuestos por medios físicos.	2	1	2	1	6
2.3 Cuando las moléculas del azúcar están integradas a las del agua. Es una reacción de equilibrio en la cual mantiene sus propiedades y al mismo tiempo está reaccionando con el agua. Es la combinación de dos sustancias que puede que logren combinarse homogéneamente o puedan reaccionar formando compuestos.	-	-	-	2	2
Total	6	4	2	3	15
2.2 Es mezcla homogénea cuando:					
2.2.1 No se distinguen a primera vista los elementos de la mezcla, todo se hace igual. Hay una sola fase. Todo se presenta uniforme.	-	2	3	1	6
2.2.2 Es difícil separar los componentes.	1	-	-	-	1
Total	1	2	3	1	7
2.3 Es mezcla heterogénea cuando:					
2.3.1 Se distinguen sus componentes. Hay más de una fase. No se homogeneiza, no se convierten en uno solo; se notan las dos sustancias.	2	3	3	2	10
2.3.2 Las sustancias quedan separadas, no se mezclan.	-	1	1	-	2
Total	2	4	4	2	12

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto

3.3.4 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de compuesto químico

Fue éste el concepto más difícil de definir para este grupo de estudiantes. Sólo se identificaron tres ideas expuestas por cuatro alumnos y nada más en la idea 3.1 hubo coincidencia de dos estudiantes; además fue la más próxima al concepto presentado en los libros de texto.

En la idea 3.2 se concibe al compuesto químico como un agregado de dos sustancias y establece la condición de que *no debe notarse el contenido* por lo cual se asemejaría al concepto de disolución y, aunque se precisa también la pérdida de las propiedades de las sustancias combinadas no la completa con la idea de la transformación en una sustancia completamente diferente a las que la formaron. Por otra parte, en la idea 3.3 se conceptualiza tomando como ejemplo el agua y se recurre a los métodos de separación para enfatizar que no es posible separar sus componentes a través de métodos físicos, expresión documentada en los libros de texto para establecer la diferencia entre mezclas y compuestos químicos (ver anexo 1).

Cabe precisar que, en ninguna de las ideas documentadas está presente una de las características distintivas entre las mezclas y los compuestos, es decir, la composición variable en las primeras y constante para los segundos; además de que en las mezclas, los componentes no reaccionan químicamente entre ellos y en los compuestos sí. La interacción entre las partículas se encuentra ausente (ver anexo 1).

Tabla 3
Ideas de los estudiantes acerca del concepto
3. Compuesto químico

N = 15 (cuatro de 3° y cuatro de 5° semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB: cuatro de 1° y tres de 5° semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa	bach/sem		QFB/sem		Total
	3°	5°	1°	5°	
Ideas de los estudiantes acerca de concepto					
3. Compuesto químico es cuando:					
3.1 Se unen las moléculas de los componentes (sustancias) y da como resultado una sustancia totalmente diferente, con propiedades diferentes. Se produce un cambio químico para formar otras sustancias.	1	-	-	1	2
3.2 Se juntan dos sustancias y ya no se nota el contenido, sino que sólo queda algo. Se pierden las propiedades de cada sustancia combinada.	1	-	-	-	1
3.3 El agua es un compuesto porque está formado por el hidrógeno y el oxígeno, que son dos elementos; donde el agua no la puedo separar por métodos físicos porque ya no se observan ni el oxígeno ni el hidrógeno y requiere otro tipo de métodos de separación.	-	1	-	-	1
Total	2	1	-	1	4

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.5 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca del concepto de elemento químico

Se documentaron 7 ideas diferentes sobre este concepto. Tres estudiantes de 3º semestre de bachillerato (4.2), usaron la expiración bucal como ejemplo de elemento, ya que para ellos, ésta contiene oxígeno, aire. En la idea 4.3, correspondiente a estudiantes de bachillerato y una, a uno de QFB está presente la relación entre elemento y tabla periódica y se dan ejemplos. En la idea 4.1 se establece la identidad entre elemento y pureza, aunque no quede claro el concepto de pureza; vinculan el concepto de elemento con las sustancias cuyos átomos son del mismo tipo (idea 4.6).

En la idea 4.4 se considera al fierro como elemento porque *sus átomos y moléculas son del mismo tipo*. En este caso hay confusión entre compuesto y elemento.

Un análisis más amplio de la entrevista, nos lleva a precisar que no hay claridad conceptual. Veamos un fragmento de entrevista donde, por un lado, el entrevistado de 5º semestre de QFB afirma que "los elementos son átomos que tienen las mismas propiedades..." y por otro, cuando se le pregunta si en la disolución de agua/sal/limadura de fierro, existe algún elemento químico, responde que se tienen varios.

Mo. ¿TÚ CREES QUE TENEMOS ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO AHÍ?

Ao. Sí, hay varios.

Mo. ¿CUÁLES?

Ao. Tenemos fierro, sodio y cloro que componen la sal y luego hidrógeno y oxígeno que componen el agua, además de que eso sería ver si es pura agua lo que tenemos ahí, porque nada más en el agua ya hay sueltos electrolitos como podemos tener más sodio, más potasio, calcio o algunos otros.

Mo. MUY BIEN. CUANDO DICES ELEMENTO QUÍMICO ¿EN QUÉ ESTÁS PENSANDO?

Ao. En un átomo.

Mo. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO QUÍMICO?

Ao. Son átomos de las mismas, que tienen las mismas propiedades, que comparten el mismo peso atómico, una forma, tienen ciertos, como le decía cierta configuración electrónica. Así es si yo hablo por ejemplo, yo me imagino si yo hablo de un átomo de hidrógeno, de un elemento, del elemento hidrógeno me estoy imaginando dos átomos de hidrógeno que tienen solamente un electrón y esos están, en la naturaleza, los encontramos de dos en dos.

Mo. ¿UN ELEMENTO DE HIDRÓGENO SON DOS ÁTOMOS?

Ao. Ah no, eso ya sería una molécula, perdón, los encontramos en forma diatómica en el ambiente.

Mo. EN EL AMBIENTE...

Ao. Pero en sí, en sí, el elemento es el hidrógeno y solamente tiene un electrón con un peso molecular de 1.

En la idea 4.5, queda en entredicho la conceptualización de elemento químico, ya que si partimos de que los compuestos son el producto de la unión de dos o más elementos a través de una reacción química, los elementos que dieron origen al compuesto dejan de ser tales; sin embargo, dos estudiantes (de 1º semestre de QFB) tomaron como ejemplo al agua para ejemplificar que ahí se encontraban *dos moléculas de oxígeno y una de hidrógeno* (4.5).

En general, se aprecia una gran dificultad en la comprensión de lo que es un elemento y un compuesto químicos. Si bien muchos alumnos lo dijeron, un cambio químico se reconoce por la desaparición de los componentes que le dieron origen y la consecuente formación de nuevas sustancias con propiedades físicas y químicas totalmente diferentes a las que tenían los componentes que les dieron origen; esta conceptualización pareciera no ser tan funcional, ya que para ellos siguen presentes los elementos como tales, aún después de haber dado lugar a una nueva sustancia (compuesto) por lo que podría ser quizá que piensen más en agregados que en interacciones a nivel de partículas y de arreglos diferentes dando como producto estructuras diferentes y por tanto, sustancias completamente diferentes.

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A TENER DE MANERA SEPARADAS EL AGUA, LA SAL Y EL FIERO, COMO ESTABAN ANTES DE QUE TÚ LAS JUNTARAS?

- Ao. sí
- Mo. ¿POR QUÉ?
- Ao. Porque son mezclas y se pueden separar, no que si fueran compuestos fuera más difícil la separación de ellos.
- Mo. ¿POR QUÉ LAS MEZCLAS SE PUEDEN SEPARAR MÁS FÁCILMENTE QUE LOS COMPUESTOS?
- Ao. Porque no están unidos químicamente.
- Mo. ¿ESO QUÉ QUIERE DECIR?
- Ao. Que cuando están unidos en un compuesto, los dos elementos que se juntan cambian totalmente sus propiedades y en las mezclas no; contienen sus mismas propiedades, sus mismas propiedades, no las mezclan...
- Mo. ¿TÚ CONSIDERAS QUE AHÍ (MEZCLA DE AGUA/SAL/LIMADURA DE HIERRO) HAY ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO?
- Ao. Muchos.
- Mo. DIME
- Ao. ¿Los que yo crea?
- Mo. Sí.
- Ao. Fierro, oxígeno, hidrógeno, cloro y sodio.
- Mo. ¿POR QUÉ DICES QUE ESOS SON LOS ELEMENTOS QUÍMICOS?
- Ao. Porque aquí hay agua y el agua tiene hidrógeno y oxígeno, dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno; después hay hierro, el hierro es un elemento y después tenemos sal y la sal es cloruro con sodio.
- (Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 8)

Una explicación a este problema podría ser el hecho de que en la vida cotidiana la palabra "propiedad" significa que pertenece a alguien; en cambio, en ciencia, la palabra propiedad se emplea para designar uno o más rasgos característicos de un material y que, generalmente se le usa para distinguirlo de otros (Cfr. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood-R., V., 1994). Una solución a este problema es lo que propone Johnson, P. (1998b), quien obtuvo mejores resultados en una clase con alumnos de 12-13 años de edad modificando la forma de interrogación "¿Qué cosas de este material le hacen diferente de aquél?", que cuando les solicitaba describir las "propiedades" de un material.

Tabla 4
Ideas de los estudiantes acerca del concepto
4. Elemento químico

N = 15 (cuatro de 3º y cuatro de 5º semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB; cuatro de 1º y tres de 5º semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa	Bach/sem		QFB/sem		Total
	3º	5º	1º	5º	
Ideas de los estudiantes acerca del concepto					
4. Elemento químico es:					
4.1 Una sustancia pura. El fierro es un elemento porque es puro, casi no se "pierde", está junto.	3	-	-	-	3
4.2 Mi expiración, es aire, oxígeno	3	-	-	-	3
4.3 El oxígeno y el hidrógeno; son los que vienen en la tabla periódica, son compuestos que habitan en el planeta. En el cloruro de sodio con agua, (los elementos) son: el fierro, hidrógeno, oxígeno, cloro y sodio.	2	2	1	-	5
4.4 El fierro es un elemento porque sus átomos no se pueden descomponer en otro elemento, tiene moléculas del mismo tipo. Tiene átomos del mismo tipo.	1	-	-	-	1
4.5 El agua porque está compuesta de dos químicos: dos moléculas de oxígeno y una molécula de hidrógeno.	-	-	2	-	2
4.6 Una sustancia en la que todos sus átomos son del mismo tipo.	-	-	-	1	1
4.7 Son átomos que tienen las mismas propiedades, que comparten el mismo peso atómico, tienen cierta configuración electrónica. El elemento hidrógeno tiene solo un electrón y un peso molecular de uno. Están en la naturaleza.	-	-	-	1	1
Total	9	2	3	2	16

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.6 Análisis de las ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución

Las ideas que expusieron los estudiantes para explicar la influencia de los factores: agitación externa o mecánica, el reposo de la disolución, el tamaño de las partículas del soluto, la temperatura del disolvente y la naturaleza del soluto, en el proceso de disolución, son muy interesantes en el sentido de que la explicación que se espera demanda de la comprensión e integración conceptual que da cuenta de la interpretación del fenómeno en cuestión, misma que rebasa el aprendizaje memorista, propio de la práctica escolar para el aprendizaje de conceptos. En tal sentido, las respuestas vertidas ponen de manifiesto los modelos mentales de los estudiantes en relación con el tema que nos ocupa.

3.3.6.1 Agitación (externa o mecánica)

Tanto la acción de agitar, como la opuesta (reposo) tenían la intención de explorar la idea de movimiento permanente de las partículas (moléculas, iones) presentes en la disolución.

El proceso de disolución está ligado a las interacciones, generalmente de tipo atractivo, entre las partículas de los componentes; la separación de las moléculas o iones del solvente y del soluto y la generación de interacciones, por lo general de tipo atractivo, entre ambos tipos de partículas, dan como producto la solución con desprendimiento de energía (ver anexo 1). Una forma de acelerar este proceso es a través de la acción de agentes externos, por ejemplo, la agitación externa. A los estudiantes se les solicitó agitar una vez que habían depositado el soluto en el disolvente (agua), hasta que se lograra una mezcla homogénea (sin mencionar estos términos); posteriormente se les preguntó qué hubiera pasado si no hubieran agitado. Las respuestas que dieron fueron agrupadas en seis ideas (tabla 5.1). La mayoría de los estudiantes entrevistados

(73.33%), considera que de no haber agitado, el soluto no se hubiera disuelto, se asentaría, sin argumentar por qué (ver 5.1.1.1). Las cinco ideas restantes fueron dadas, en cada caso, por un solo alumno y en cada uno se intentó explicar por qué. En dos de ellas (5.1.1.2 y 5.1.1.3) estudiantes de 1º semestre de QFB, afirman que sólo una cantidad de la sal se iba a disolver; otra de las ideas hace referencia a la función de la agitación en términos de que ésta es "*hacer más pequeñas las partículas de azúcar y darles más espacio*". Sólo tres estudiantes (1º semestre de QFB) reconocen que aún sin la agitación externa, la sal se va a disolver, aunque más lentamente, aunque sus argumentaciones o son incompletas (5.1.1.2) o utilizan la terminología de manera arbitraria (5.1.1.3 y 5.1.1.4).

En la idea 5.1.4 se aprecia la confusión entre disolver y fusionar. Un pedazo de entrevista es ilustrativo:

Mo. ¿POR QUÉ EL AZÚCAR Y LA HARINA SE PUEDEN DISOLVER EN EL AGUA? ¿SABÍAS QUE NO SE IBA A DISOLVER LA GRAVA?

Ao. Sí, por las características o composición de esta sustancia no permite que el agua pueda disolverla o que se fusione, que se quede una mezcla homogénea.

(Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 4)

Para este alumno disolver y fusionar son equivalentes. Continuando con la misma entrevista; en otra parte de la misma, vemos la consistencia en su idea de que disolver y fusionar son lo mismo:

Mo. ¿HACES OTRA COMBINACIÓN?

Ao. Agua, sal, así (agita).

Mo. ¿A ESO CÓMO LE LLAMARÍAS?

Ao. Una mezcla homogénea. Que puede ser homogénea. Ahorita porque la disolví muy poco se ven superficies abajo del vaso, aquí, en esta parte (señala la parte inferior del vaso); pero si sigo disolviendo en el agua, revolviendo, que diga, se va a disolver y va a ser una mezcla homogénea.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR ESO?

Ao. Porque ya lo he hecho antes. Es por la composición, por lo que está compuesta la sal y la composición del agua; esas dos sustancias, pueden hacer que se pueda disolver.

Mo. SIGUE AGITANDO.

Ao. Y si la caliente, se disuelve mejor.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Debido a que las fuerzas de cohesión del sólido se...debido al calor, las fuerzas de cohesión tienden a expandirse³⁷, entonces el sólido tiende a (junta las dos manos y las abre) abrir, expandirse y a formarse en estado líquido ¿o no? ¿o sí?

Mo. ¿QUÉ ES ESO DE EXPANDERSE?

Ao. El sólido, debido a sus fuerzas de cohesión, las moléculas están muy unidas (junta las dos manos); en el líquido están regular y en el gas están libres. Entonces, si yo tengo un sólido que es la sal y le sigo revolviendo va a llegar el momento en que las partículas de él van a estar a mediadas, las moléculas van a estar, ni muy unidas, ni muy expandidas, en estado líquido.

Mo. ¿DICES QUE SI CALIENTAS SE VAN A EXPANDIR LAS MOLÉCULAS?

Ao. Sí

Mo. ¿CUÁLES MOLÉCULAS?

Ao. Por ejemplo, en el agua va a tender a evaporarse debido a que las moléculas llegaron ya, se abrieron, llegaron al estado gaseoso. Y el del sólido que es la sal, yo pienso que va a llegar a estado líquido.
(Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 4)

El estudiante empieza diciendo que una parte de la sal se disuelve, en tanto que la otra, se sedimenta; al finalizar su explicación afirma que queda una mezcla homogénea. [Esto es contradictorio.] También afirma que las moléculas de sal se expandieron. [La sal no está formada por moléculas sino por iones, tampoco se expanden.] Luego de esta acción afirma que las moléculas [de la sal] se disuelven hasta fusionarse [atribuye propiedades macroscópicas a las partículas y el concepto de disolución lo explica en términos de cambio de fase de sólido a líquido].

Cabe precisar que esta circunstancia de abordar en un mismo nivel el proceso de disolución y el de cambio de fase sólida a líquida también se encuentra

³⁷ La palabra correcta es expandirse.

documentado en algunos textos de nivel universitario (ver el apartado correspondiente a los libros de texto, en el capítulo 1).

3.3.6.2 Reposo

La acción contraria a la anterior (agitación externa o mecánica) es donde el estudiante no aplica ningún agente externo a la disolución. La deja cubierta³⁸ y en (aparente) reposo. Esta circunstancia nos permitió indagar más acerca de lo que los estudiantes piensan que sucede al nivel de partículas que forman la disolución.

Cabe precisar que el soluto, una vez disuelto, permanece distribuido uniformemente en toda la solución y no se asienta con el transcurso del tiempo, ya que las partículas están en permanente movimiento azaroso, aunque no lo podamos ver. Este movimiento de las moléculas y/o iones es lo suficientemente enérgico para evitar que las partículas del soluto se asienten por influencia de la gravedad. Esta concepción dinámica de la organización de la materia al nivel de partículas, no es concebida por la mayoría de los estudiantes entrevistados.

Un 60% de los entrevistados considera que en reposo, el soluto va a sedimentarse, lo que pone de manifiesto que detrás de las explicaciones que dieron los estudiantes existe un modelo particular de la materia estático. Las razones que dieron fueron: por su "peso", por "inercia", porque "no se mezcló químicamente" y porque "las moléculas que están flotando adquieren mayor peso de la densidad del agua". Una parte de una de las entrevistas lo muestra de la siguiente manera:

Mo. ¿TIENES AHÍ DOS MEZCLAS: HOMOGÉNEAS Y
HETEROGÉNEAS?
Ao. Ajá

³⁸ Se estableció que el recipiente que contenía la disolución se cubría, con el propósito de no desviar las respuestas de los estudiantes hacia el proceso de evaporación.

Mo. VAMOS A VER ÉSTA. ¿AHÍ QUÉ PASÓ CON LA LIMADURA DE HIERRO?

Ao. Se fue al fondo.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE SE FUE AL FONDO LA LIMADURA?

Ao. Porque...es más densa que el agua.

Mo. ¿TODO LO QUE ES MÁS DENSO QUE EL AGUA SE VA AL FONDO?

Ao. Sí

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque tiene más peso

(Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 8)

En el discurso de los estudiantes se identifica con claridad la confusión conceptual; aquí, por ejemplo, los conceptos de "inercia", "peso" y "densidad" fueron utilizados para explicar la predicción de la sedimentación del soluto cuando no se le agita externamente. En otras dos ideas (5.1.2.3 y 5.1.2.4) recurren a especulaciones; en un caso se piensa en la desintegración del azúcar, en tanto que en el otro, se predice que endulzará más. Sólo tres estudiantes afirmaron que el reposo no afecta. En el primer caso, da la impresión de que los estudiantes están pensando en que hubo una reacción química, y como *el azúcar ya es parte del agua*, el reposo no altera la unión de ambas moléculas. La otra idea, correspondiente a un estudiante de 5º semestre de QFB es parcialmente correcta; no cuenta con una base conceptual de la teoría cinética de las partículas para argumentar en este nivel de interpretación. Además, opone el concepto de disolución al de mezcla, no obstante que las disoluciones son un tipo de mezclas, las mezclas homogéneas.

Tabla 5.1

Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución

5.1.1 Agitación, 5.1.2 Reposo

N = 15 (cuatro de 3° y cuatro de 5° semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB: cuatro de 1° y tres de 5° semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución	Bach/ sem		QFB/ Sem		To- tal
	3°	5°	1°	5°	
5.1.1 Si no se agita, el azúcar/sal:					
5.1.1.1 Se asienta.	3	3	3	2	11
5.1.1.2 Se disuelve toda porque el agua tiene espacios moleculares que son ocupados por la sal.	-	-	1	-	1
5.1.1.3 Se va a disolver, pero más lentamente. El agua tiene una constante dieléctrica y es muy buen solvente; el sodio y el cloro se separan y el agua entra entre esas moléculas.	-	-	1	-	1
5.1.1.4 Cierta parte de la sal se disuelve y otra parte se sedimenta, pero en pedacitos más pequeños porque las moléculas de la sal se expandieron, se disolvieron en el agua hasta fusionarse y quedar en una mezcla homogénea.	-	1	-	-	1
5.1.1.5 La función de la agitación es hacer más pequeñas las partículas del azúcar, darles más espacio.	-	-	1	-	1
5.1.1.6 Sólo se disuelve una parte, pero buena parte se sedimenta.	-	-	-	1	1
Total	3	4	6	3	16
5.1.2 El reposo					
Si afecta porque el grano disuelto:					
5.1.2.1 Va a caer al fondo por su peso/inercia, porque no está totalmente unido al agua, no se mezcló químicamente.	1	2	2	1	6
5.1.2.2 Tiende a bajar porque no se mezcló químicamente.	-	-	-	-	-
5.1.2.3 Se desintegra, se deshace.	1	-	-	-	1
5.1.2.4 Endulza más.	1	-	-	-	1
5.1.2.5 Se va a volver a juntar y se va a asentar otra vez porque las moléculas que están flotando adquieren mayor peso de la densidad del agua.	1	-	-	-	1
5.1.2.6 Se sedimenta.	-	2	-	-	2
Total	4	4	2	1	11
No afecta porque:					
El agua/azúcar ya es una mezcla homogénea y el azúcar ya es parte del agua. Las moléculas de azúcar están asociadas, unidas a las del agua	-	1	-	1	2
Porque se produjo una disolución completa y no es una mezcla.	-	-	-	1	1
Total	-	1	-	2	3

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.6.3 Tamaño de las partículas del soluto

Si la disolución se forma a partir del contacto entre las partículas de los materiales que la componen, lo cual sucede debido a que las partículas se encuentran, en el ámbito discreto, en continuo movimiento; en consecuencia, se genera una interacción entre ellas teniendo como resultado la separación y reacomodo de partículas dando lugar a la disolución. En consecuencia, a mayor superficie de contacto entre los componentes intervinientes en el proceso de disolución, será más rápido el proceso y a la inversa. En tal sentido, si el soluto, en este caso la sal o azúcar, se encuentra en trocitos más pequeños o más grandes, será más fácil o más difícil, respectivamente, su disolución.

Las ideas de los estudiantes al respecto, se agruparon en tres concepciones: las dos primeras (5.2.1.1 y 5.2.1.2), están fuertemente influenciadas por la percepción; en el primer caso (5.2.1.1), los estudiantes asocian el tamaño del soluto con características tales como: a mayor tamaño, es más sólido, más compacto o más duro; razones a las cuales, ellos atribuyen que se dificulta la disolución. Cinco de los nueve estudiantes que respondieron, comparten este razonamiento (ver tabla 5.2). En el otro caso (5.2.1.2) los estudiantes (todos de bachillerato) hacen referencia al grano en términos de "desgaste" y "deshacer", en tanto una vez disuelto ya no se percibe.

La idea 5.2.1.3 corresponde a un estudiante de 5º semestre de QFB y va más allá de la influencia perceptiva. Reconoce que un grano más grande tardará más tiempo en disolverse "*porque hay un menor número de moléculas expuestas a la acción del agua*".

Frente a la carencia de un modelo teórico que les permita dar explicación y sentido a los fenómenos sobre los cuales se les interrogó, algunos alumnos recurrieron a las analogías para explicar lo que sucede al nivel de partículas:

Mo. ¿QUÉ HUBIERA PASADO SI EN LUGAR DE ESOS GRANITOS DE AZÚCAR HUBIERAS PUESTO LA MISMA CANTIDAD, PERO EN UN SOLO GRANO?

Aa. Hubiera sido un poquito más difícil de disolverlo porque se hace más sólido, más compacto, más difícil para el agua estar degradándose para que se pueda disolver. Entre más compacto, el agua va a batallar, lo va a hacer, pero más lentamente, como el agua desgasta las rocas, pero suceden millones de años para que pueda percibirse.

(Estudiante de 1º semestre de QFB, entrevista 12)

Llama la atención la asociación que establecen los estudiantes: a mayor tamaño, más sólido, más comprimido o compacto. Ideas similares se presentaron en algunos alumnos del grupo I, quienes establecieron la relación a mayor tamaño, más pesado, más duro y más comprimido; un estudiante de este grupo también recurrió a la analogía de la roca para decir que *“no es lo mismo un granito que una roca”* y así explica por qué un grano más grande tardaría más tiempo en disolverse y lo haría con mayor dificultad.

Estas representaciones de los estudiantes habrían de ser consideradas por los profesores en el desarrollo de sus clases. También sugieren que hace falta una mayor participación de los estudiantes en la realización de trabajos experimentales donde manipulen diversos materiales, con diferentes propiedades para que establezcan similitudes y diferencias, según el tipo de material, el tamaño, textura, etcétera y puedan discriminar con ideas fundadas en una base teórica.

Tabla 5.2
Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución 5.2.1
5.2.1 Tamaño de las partículas del soluto

N = 15 (cuatro de 3° y cuatro de 5° semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB: cuatro de 1° y tres de 5° semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución	Bach/ sem		QFB/ sem		To- tal
	3°	5°	1°	5°	
5.2.1 A mayor tamaño:					
5.2.1.1 Hubiera sido más difícil de disolverlo porque se hace más sólido, más compacto, más duro, más difícil para el agua disolver.	3	-	2	-	5
5.2.1.2 Tarda más en disolverse; hay que batir mucho más para que se deshaga, se desgaste el grano	1	2	-	-	3
5.2.1.3 Tarda más en disolverse. Hay menor número de moléculas expuestas a la acción del agua. Primero se disuelven las moléculas del exterior y luego las demás.	-	-	-	1	1
Total	4	2	2	1	9

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.6.4 Los efectos en los cambios de temperatura

El aumento de temperatura en el proceso de formación de una disolución es otro factor que puede favorecer o no la rapidez con que se forma una disolución. Las ideas que dieron los estudiantes frente a la pregunta que trataba de indagar lo que piensan que sucede a nivel de partículas cuando se usa agua a mayor temperatura (caliente) o cuando se usa agua a baja temperatura (fría) se agruparon en cuatro concepciones, en ambos casos (tabla 5.3).

Sólo nueve de los 15 estudiantes que fueron entrevistados dieron respuestas que incluían algún tipo de explicación del fenómeno, (cuando se usa agua caliente y ocho cuando se emplea agua fría).

Los estudiantes explicaron que en agua caliente aumenta el movimiento de las partículas porque *"la temperatura hace que el agua esté en movimiento y mueva las moléculas de azúcar y las disuelva más pronto que en agua fría."* y, en consecuencia, el proceso de formación de la disolución es también más rápido. En

esta idea se asigna el papel activo al agua y uno pasivo al azúcar. También, cabe observar que se pasa de un nivel macroscópico (agua) a otro submicroscópico (moléculas de azúcar) (ver 5.3.3). Un alumno lo explica en términos de las fuerzas de cohesión, las cuales, dice, tienden a expandirse por lo que el sólido "*tiende a abrir...y formarse en estado líquido.*" Esta explicación podría tener su origen en la forma en que, didácticamente se explican los tres estados de la materia que se enseñan en educación básica y bachillerato, a nivel de partículas (ver anexo 1).

Es difícil para los alumnos la explicación en términos de un solo nivel, así pasan de manera natural de un nivel macroscópico a otro microscópico (ver ideas 5.3.1.1 y 5.3.1.2, en la tabla 5.3). Esto también es recurrente en la información presentada en los libros de texto (ver sección correspondiente a los libros de texto, en el capítulo 1).

Es importante destacar que todas las ideas incluyen explicaciones a nivel discreto.

En cuanto a las ideas que dieron los estudiantes en relación con el uso de agua fría, se aprecia consistencia con las que dieron en el caso opuesto; aunque con menos recursos conceptuales para su explicación, ya que tres dijeron simplemente que el azúcar se va al fondo (5.3.1.6).

Quizá por el grado de dificultad que ofrece la explicación de este fenómeno, en el 3º semestre de bachillerato sólo se identificó una idea y en el 5º semestre, dos ideas, para cada caso (agua caliente y agua fría).

Tabla 5.3

Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución
5.3.1 Temperatura.

N = 15 (cuatro de 3° y cuatro de 5° semestres de bachillerato; siete de la lic. en QFB: cuatro de 1° y tres de 5° semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución	Bach/ sem		QFB/ sem		To- tal
	3°	5°	1°	5°	
En agua caliente:					
5.3.1.1 En agua caliente se disuelve más rápido. La temperatura hace que el agua esté en movimiento y mueva las moléculas de azúcar y las disuelva más pronto que en agua fría.	1	1	-	2	4
5.3.1.2 Debido al calor, las fuerzas de cohesión tienden a expandirse, entonces el sólido tiende a abrir, a expandirse y a formarse en estado líquido. Las moléculas van a estar ni muy unidas, ni muy expandidas, en estado líquido.	-	1	-	-	1
5.3.1.3 Se amplían los espacios moleculares y dan cabida a más moléculas.	-	-	3	-	3
5.3.1.4 Se disuelve más rápido. Porque al calentar se mueven las moléculas mucho más rápido y aplican la energía para separar las moléculas de azúcar. Se integran mejor las partículas.	-	-	-	1	1
Total	1	2	3	3	9
En agua fría:					
5.3.1.5 El azúcar se congela, se endurece y las moléculas están más detenidas.	1	-	-	-	1
5.3.6 El azúcar se va al fondo.	-	2	1	-	3
5.3.1.7 Entre más fría el agua están más unidas las moléculas y no le dan cabida a las moléculas de azúcar que quieren disolverse. Es más difícil para el agua separar las moléculas. Por eso se disuelve más lento.	-	-	2	1	3
5.3.1.8 Las moléculas tienen menor energía, menor movimiento	-	-	-	1	1
Total	1	2	3	2	8

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.6.5 Naturaleza del soluto

Esta tarea es muy interesante a la vez que tiene un grado de dificultad mayor, dado que encontrar respuestas que den cuenta del comportamiento de un componente que no es soluble en otro nos lleva a tratar de encontrar explicaciones conceptuales, al nivel de partículas. Frente a la ausencia de éstas, los alumnos recurren a lo que, guiados por la percepción y su experiencia cotidiana, se les ofrece como lógico (tabla 5.4). Se identificaron ocho ideas, de las

cuales, en las primeras dos se considera al peso como la variable que dificulta o impide la disolución del soluto (limadura de hierro) en el disolvente (agua); también se apela al concepto de densidad. Se refieren al peso y a la densidad, indiferenciada, como incluyentes en la noción de 'pesado'³⁹ (5.4.1 y 5.4.2) para explicar el fenómeno de la sedimentación como producto de la no disolución de la limadura de hierro en agua. Así, por ejemplo, ideas como "*por su peso no puede flotar*", idea de continuidad basada en la percepción: el agua que es lo que continúa visible después de la disolución, sostiene o soporta a las partículas del soluto: la idea de pesadez de la limadura de hierro no cabe en este esquema conceptual; por tanto, no se disuelve. Esta misma idea se presentó en el grupo I. Otros consideran que la limadura no se disuelve porque "*es más fuerte, más duro, no se deshace. Sus partículas están más unidas*".

En una de las ideas (5.4.6), un alumno de 1º semestre de QFB recurre a cierta lógica de sentido común y afirma que la limadura de hierro no se disuelve en agua, como lo hizo la sal (cloruro de sodio) porque "*sus enlaces son muy fuertes entre sí. En el caso de sal/agua eran dos iones que nada más estaban atraídos por su carga, era un enlace muy débil*". En la misma dirección y comparando el proceso de disolución sal/agua, en las ideas 3.4.6, 3.4.7 y 3.4.8 que el fierro no se disuelve en agua, extendiendo la experiencia del sistema agua/sal, la cual se disocia al entrar en contacto con el agua; el alumno generaliza este proceso para explicar, por oposición, lo que sucede con la limadura de hierro: "*No tiene reacción de disociación, porque es un elemento puro y debido a su estructura molecular*"⁴⁰.

En tanto, otros expresaron que el fierro no se disuelve en agua "*porque es un elemento que no es polar, [que] tiene carga, pero no se va a ionizar, como en el caso de la sal, para formar una solución*" (5.4.8, estudiante de 5º semestre de QFB).

³⁹ Piaget encontró que las nociones de peso y densidad se desarrollan cuando los niños empiezan a tener puntos de vista diferentes a los suyos; por ejemplo, los niños piensan que una pequeña piedra es "ligera" para ellos, pero luego consideran que puede ser ligera para ellos, pero "pesada para el agua". (Cfr. Driver, R., *et al.* 1994:108).

⁴⁰ Para ampliar sobre el tema, ver anexo 1.

En la idea 5.4.2, correspondiente a dos alumnos de bachillerato, para explicar el hecho de que la limadura de hierro no se puede disolver en agua, parten de la idea de que "las moléculas están más unidas que las de la sal", sin embargo, recurren a una concepción macroscópica derivada de la experiencia cotidiana para dar sentido al hecho de que la limadura se va al fondo del recipiente sin disolverse. También ponen de manifiesto los errores conceptuales entre elemento, compuesto y átomo.

Cabe reflexionar en la idea 5.5.3 correspondiente a un estudiante de 3º semestre de bachillerato, en función de que está muy relacionada con el modelo que explica que el azúcar/sal se disuelve porque se "*deshace*", en tanto, el hierro como es *más fuerte y duro*, no se puede "*deshacer*" y por ello, no se disuelve.

La idea de continuidad y de concebir a la materia, al nivel de partículas, como algo estático es una dificultad que se impone en la interpretación de los fenómenos en el ámbito microscópico. Esto se deja ver en la siguiente entrevista.

Mo. ¿Y QUÉ PASARÍA SI LE AGREGARAS TANTITA LIMADURA DE HIERRO Y LE AGITAS?

Ao. La limadura de hierro no podría, es un compuesto un poco más, de color más fuerte y es un metal, no podría combinarse bien con el agua. La limadura solamente se iría hasta el fondo del agua; por más que la agitara uno, ésta no tomaría ni el mismo color, ni nada por el estilo en el agua, simplemente se asentaría.

Mo. DIJISTE QUE NO SE DISOLVERÍA MUY BIEN, ¿SIGNIFICA QUE PARCIALMENTE SÍ SE DISOLVERÍA?

Ao. Bueno, la limadura podría tener un poco de sales.

Mo. ESTO ES HIERRO, HIERRO NADA MÁS.

Ao. No, de hecho, nada, todo lo que le vertiera quedaría asentado en el fondo del vaso.

Mo. ¿Y POR QUÉ CREES QUE PODRÍA SUCEDER ESO?

Ao. Tal vez porque el fierro es un metal un tanto pesado y se iría fácilmente hacia el fondo y no se mezclaría porque...¿cómo sería? se iría hacia el fondo porque es un metal un poco pesado para que el agua la pudiera, al revolverla la pudiera mantener un poco entre ella, pues, como la sal pues, al mezclarla uno, la sal queda dispersa en todo el líquido porque no es tan pesada como el fierro,

pero si dejamos aquí esta mezcla, la sal se iría asentando, se iría yendo hacia abajo, pues, y el fierro no, inmediatamente caería.

Mo. ¿LO VEMOS? ¿QUÉ PASÓ?

Ao. La mayoría del fierro se fue al fondo y una pequeña parte se quedó en la superficie

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE NO TODO SE FUE HASTA ABAJO?

Ao. Cuando unnn, cuando un metal o un cuerpo se hunde en el agua es porque el agua que desplaza es mayor al peso de la partícula, me imagino que quedó un poquito ahí porque en la superficie del agua hay como una piel muy delgadita y al ponerle, por ejemplo, he hecho yo este experimento: puedo poner una aguja en la pura superficie del agua, sin que se hunda. No sé muy bien a qué se deba, pero me imagino que es lo mismo que pasó aquí.

(Estudiante de 5º semestre de bachillerato, entrevista 7)

Como puede apreciarse, escasamente se recurre a la naturaleza química del soluto para interpretar y argumentar por qué no es posible disolver la limadura de hierro en agua.

Tabla 5.4

Ideas de los estudiantes acerca de los factores que afectan el proceso de disolución: 5.4.1
5.4.1 Naturaleza del soluto.

N = 15 (cuatro de 3° y cuatro de 5° semestres de bachillerato; siete son de la carrera en QFB, de los cuales cuatro son de 1° y tres de 5° semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa 5.4.1 Ideas de los estudiantes acerca de la naturaleza de las partículas del soluto en el proceso de disolución	Bach/ sem		QFB/ sem		To- tal
	3°	5°	1°	5°	
El fierro no se disuelve en agua porque:					
5.4.1.1 Su peso lo lleva al fondo y porque es más denso que el agua. Es un metal muy pesado y el agua no lo puede sostener entre ella. Por su peso no puede flotar.	1	4	1	1	7
5.4.1.2 Sus moléculas están mucho más unidas que las de la sal. Al mezclarse con el agua, el fierro se hace más pesado y denso y tiende a sedimentarse.	1	1	-	-	2
5.4.1.3 Es más fuerte, más duro, no se deshace. Sus partículas están más unidas.	1	-	-	-	1
5.4.1.4 Es un metal y es insoluble en agua.	-	-	1	-	1
5.4.1.5 El fierro no se disuelve por las propiedades que tiene; por lo que está formado.	1	-	-	-	1
5.4.1.6 Sus enlaces son muy fuertes entre sí. En el caso de sal/agua eran dos iones que nada más estaban atraídos por su carga, era un enlace muy débil. El fierro tiene un enlace muy fuerte.	-	-	1	-	1
5.4.1.7 No tiene reacción de disociación, porque es un elemento puro y debido a su estructura molecular.	-	-	-	1	1
5.4.1.8 Porque es un elemento que no es polar, tiene carga, pero no se va a ionizar, como en el caso de la sal, para formar una disolución.	-	-	-	1	1
Total	4	5	3	3	15

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.7 Ideas de los estudiantes acerca de los métodos de separación de una mezcla heterogénea (agua/cloruro de sodio/limadura de hierro)

Los fenómenos provocados a lo largo de las entrevistas, se encuentran fuertemente interrelacionados, lo que nos permitió visualizar la consistencia de las ideas de los estudiantes entrevistados.

Se identificaron tres ideas orientadas a proponer algún método para la separación de los componentes de la disolución compuesta por agua/sal/limadura de hierro. Nueve estudiantes (tres de bachillerato y seis de QFB) de los quince entrevistados tienen claro cómo proceder (idea 6.2); otros cuatro (de bachillerato)

sólo llegaron a plantear que si se aplica calor, se evapora el agua, pero no pudieron exponer cómo separar la sal y el fierro (ver 6.3). La propuesta más alejada es la idea 6.1 que expresa que al pasar la mezcla heterogénea a través del papel filtro, sólo dejará pasar el agua y retendrá a la limadura y a la sal (disuelta); esta respuesta pone en evidencia que para estos estudiantes, la noción de partícula es macroscópica y que por tanto, la sal aún estando disuelta, al pasarla por el papel filtro quedara retenida. La experiencia de los estudiantes en el uso de papel filtro para separar sólidos insolubles del líquido, fue extrapolada a esta experiencia como si se tratara de un método general de separación de los componentes de una mezcla, lo cual es incompatible con la disolución donde las partículas tienen el tamaño de átomos, moléculas o iones. Esta proposición fue encontrada también en estudiantes del grupo I, así como por Valanides, N. (2000) en su investigación con estudiantes de profesores de primaria, en Canadá.

En cuanto a las razones que dieron los estudiantes para explicar por qué la sal no se evapora con el agua cuando ésta se encuentra en ebullición; dos ideas (6.5 y 6.7) fueron expresadas por 10 estudiantes; las dos aceptables y a la vez, complementarias. El resto de las ideas identificadas fueron expresadas de manera individual; dos coinciden en que la sal no se evapora con el agua porque no es un líquido, uno de estos estudiantes considera que al calentar la disolución sólo se liberan las moléculas de hidrógeno, por lo que confunde lo que es un cambio físico (cambio de fase) de uno químico (liberación de hidrógeno); cabe precisar que esto último fue expresado por un estudiante de 1º semestre de QFB (idea 6.10).

Para un estudiante de bachillerato, la sal no puede pasar al estado gaseoso porque “es demasiado pesada...para el aire” (6.9).

Ahora bien, imaginarse el minúsculo tamaño de las partículas implica una dificultad muy grande; en tal sentido, para algunos estudiantes, a la vez que conciben la materia como continua, también no les es fácil comprender que a nivel de partículas (átomos, moléculas o iones) está en permanente movimiento

aleatorio y que su tamaño es extraordinariamente diminuto, razón por la cual no podemos percibir ni el vacío entre ellas, ni su movimiento. En suma, no cuentan con un modelo funcional de materia al nivel de partículas que les ayude a explicar los procesos a este nivel.

Así, por ejemplo, para algunos estudiantes cabe la posibilidad de separar la sal del agua a partir del proceso de filtración de la disolución formada por ambos componentes. Lo que deja entrever que su imagen de partícula es lo suficientemente grande como para que sea factible de que el papel filtro atrape las partículas de cloruro de sodio. A continuación se presenta un segmento de entrevista que pone en evidencia tal circunstancia

Mo. VAMOS A HACER OTRA COMBINACIÓN. VAMOS A PONER EN UN VASITO HASTA LA MITAD DE AGUA Y MEDIA CUCHARADITA DE SAL FINA, LOS VAMOS A AGITAR. OBSERVA, ¿QUÉ ESTÁ PASANDO AHÍ?

Ao. La sal está junta, está en el centro.

Mo. AGITA UN POCO MÁS ¿QUÉ OBSERVAS?

Ao. No la veo. Se disuelve.

Mo. ¿Y CÓMO LLAMARÍAS A ESO?

Ao. Compuesto.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE ES UN COMPUESTO?

Ao. Porque perdió sus propiedades.

Mo. ¿QUIÉN?

Ao. La sal, ya no se ve, pero el agua sí.

Mo. ¿LA SAL PERDIÓ SUS PROPIEDADES?

Ao. No, a lo mejor cuando filtro ahí se queda, vuelve.

Algo similar fue encontrado por Holding (1987, en Driver, R. *et al* 1994) quien en su investigación encontró que los niños de los primeros años escolares no consideraban una disolución de azúcar como una sola fase, por lo cual, los niños sugerían que al filtrar, las partículas del azúcar se separan del agua.

En tanto que para otros estudiantes, quizá influenciados por sus experiencias cotidianas y su contacto con el agua en sus tres estados, se les

dificulta concebir que casi todas las sustancias, bajo condiciones específicas de presión y temperatura, se les puede encontrar en estas tres fases⁴¹.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE ES FACTIBLE SEPARAR LAS TRES SUSTANCIAS DE ESA MANERA QUE TÚ PROPONES?

Ao. Porque es la manera que yo sé; por ejemplo, si tengo agua y sal, yo sé y me han dicho y mediante la práctica, de que al calentarlo se viene el vapor y se condensa en una sola parte y me queda la sal ahí porque una vez hice un experimento acerca de eso.

Mo. ¿POR QUÉ NO SE VA LA SAL JUNTO CON EL AGUA CUANDO ÉSTA SE EVAPORA?

Ao. Porque la sal no se puede evaporar, no puede pasar al estado gaseoso. En cambio, el agua sí. El agua tiene la posibilidad de estar en tres estados, en cambio, la sal, no. La sal está en su estado sólido, mediante el disolvente que es el agua, se disuelve y queda una mezcla, por eso.

(Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 4)

Frente a la ausencia de modelos teóricos que expliquen lo que sucede al nivel de partículas, los estudiantes con frecuencia recurren a otras lógicas más de sentido común, guiados por la experiencia perceptiva. En varias investigaciones se ha encontrado, por ejemplo, que los alumnos consideran que una misma cantidad de un mismo material pesa más si se encuentra en estado sólido que en estado líquido y a la vez, pesa menos si se le encuentra en estado gaseoso (cfr. capítulo 2; Stavy, 1995). Esta circunstancia se refleja en la explicación que dio un alumno al hecho de que al disolver un sólido en un líquido, el primero pierde su peso, no sólo se ve disminuido.

Mo. ¿TE ACUERDAS CUÁNTO PESASTE DE AGUA Y DE AZÚCAR?

Ao. De agua 100 g y de azúcar 10 g.

Mo. AQUÍ YA PUSISTE EL AZÚCAR, YA SE DISOLVIÓ, AHORA ¿CUANTO VAN A PESAR?

Ao. 110 g.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque son los 100 g del agua y aparte los 10 g de azúcar, yo creo que pesaría así primero, respondiendo rápido.

Mo. ¿Y PENSÁNDOLO?

⁴¹ Algunas sustancias se subliman, es decir, pasan del estado sólido al gaseoso sin pasar por el estado líquido.

Ao. Pensando no estoy muy seguro, a lo mejor pesa poquito menos.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Pues, a lo mejor el azúcar al disolverse no aumenta mucho la masa del agua y el peso del agua podría quedar igual.

Mo. ¿Y EL DEL AZÚCAR?

Ao. Esa sería parte del agua, no contaría.

Mo. ¿ENTONCES ME PODRÍAS DECIR MÁS O MENOS CUANTO PESARÍA PENSÁNDOLO BIEN?

Ao. Unos 100 g

Mo. ¿CÓMO LO EXPLICAS ENTONCES?

Ao. El azúcar le da cierto peso, pero no completo al agua; los 10 g de azúcar dentro del agua, no son exactamente 10 g más.

Mo. ¿QUE TE HACE PENSAR ESO?

Ao. De que el azúcar no va a pesar lo mismo en el agua, se va a hacer más ligero; es que el agua no va a sufrir cambio al echar el azúcar, el peso va a seguir siendo el mismo que tenía el azúcar, no creo que suba el peso del agua con el azúcar. Hasta ahí puedo llegar, no puedo, no sé, es que no puedo explicarlo más.

(Estudiante de 5º semestre de bachillerato, entrevista 1)

Quizá sea la misma interpretación, de que los sólidos son más pesados que los líquidos, lo que explica que algunos estudiantes consideren que durante el proceso de ebullición de una disolución de agua y sal, sólo se evapora el agua y la sal queda como residuo.

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A TENER DE MANERA SEPARADA EL FIERRO, LA SAL Y EL AGUA COMO ESTABAN ANTES DE JUNTARLOS?

Ao. Sí.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR ESO?

Ao. Porque como es una ... es una mezcla, se pueden separar los componentes de ella. En este caso me imagino que sería por ebullición, el agua se evapora y quedan asentados la sal y el hierro.

Mo. ¿Y LA SAL, SI YA ESTÁ DISUELTA EN EL AGUA, POR QUÉ NO SE EVAPORA JUNTO CON EL AGUA?

Ao. Porque es demasiado pesada para evaporarse y, cuando se evapora, lo único que se evaporaría sería el agua. Si calentamos el agua y la evaporamos, sería ya, vapor y como el vapor es caliente sube, tiende a ser más liviano que el aire y el aire caliente y el aire frío se separan, uno está más arriba y el otro más abajo; eso sería lo mismo que pasaría con el agua, pero como la sal no es parte del vapor sino que es, cómo le diría, ... es un compuesto aparte, así

como el fierro, no forman parte del agua, del agua pura, digamos. El agua de la llave tiene cuantas cochinadas le echan al río.

Mo. PERO EN ESTE CASO, EL AGUA TIENE SAL Y CUANDO LA HIERVES ¿POR QUÉ QUEDA ASENTADA LA SAL?

Ao. Me imagino que porque es muy pesada la sal para el aire.

(Estudiante de 5º semestre de bachillerato, entrevista 7)

Tabla 6
Ideas de los estudiantes acerca de los
6. Métodos de separación

N = 15 (cuatro de 3º y cuatro de 5º semestres de bachillerato; siete son de la carrera en QFB, de los cuales cuatro son de 1º y tres de 5º semestres)

Universidad Autónoma de Sinaloa		Bach/sem		QFB/sem		Total
		3º	5º	1º	5º	
6. Ideas de los estudiantes acerca de los métodos de separación (agua/sal/limadura de hierro)						
Métodos propuestos por los estudiantes:						
6.1 Usando papel filtro. Colando para que el fierro y la sal queden en la coladera.		1	1	-	-	2
6.2 Al hervir, quedan abajo la sal y el fierro; al condensar el vapor de agua, ésta se vuelve líquida. Agregamos agua y filtramos para separar el fierro y de nuevo evaporamos para que quede la sal.		3	-	3	3	9
6.3 Al aplicar calor, se evapora el agua, la sal y el fierro no sé cómo.		1	3	-	-	4
Total		5	4	3	3	15
La sal no se evapora junto con el agua porque:						
6.5 Porque tiene un punto de ebullición mayor que el agua.		-	2	1	3	6
6.6 Porque la sal no es un líquido.		-	-	-	1	1
6.7 Porque entre los tres no hubo un cambio químico, nada más están unidos físicamente. No cambió su estructura interna.		2	-	1	1	4
6.8 Porque la sal no puede pasar al estado gaseoso, en cambio, el agua sí puede estar en los tres estados.		1	-	-	-	1
6.9 Porque es demasiado pesada para evaporarse, es muy pesada para el aire. Además, la sal y el fierro, no forman parte del agua, del agua pura.		-	1	-	-	1
6.10 Porque la sal no es un líquido y cuando se pone la mezcla en el fuego, sólo se liberan las moléculas de hidrógeno.		-	-	1	-	1
Total		3	3	3	5	14

Nota: Las frecuencias no corresponden al total de estudiantes entrevistados debido a que un mismo alumno generó más de una respuesta diferente o ninguna. En todo caso, es la cantidad de ideas identificadas para cada concepto.

3.3.8 Discusión

Papel activo al disolvente

Para muchos estudiantes es difícil concebir que al poner en contacto el agua y el azúcar o la sal se va a desencadenar un proceso que implica la interacción de ambos componentes al nivel de partículas hasta lograr la disolución o mezcla homogénea; los alumnos tienden a centrar su atención en uno de los componentes (el agua o el azúcar o la sal) al cual le atribuyen la causa del cambio.

Mo. SI YO TE PIDIERA QUE LO DIBUJARAS ¿CÓMO LO HARÍAS? SUPONIENDO QUE LAS MOLÉCULAS DEL AGUA SON BOLITAS BLANCAS Y LA SAL SON BOLITAS NEGRAS.

Aa. Bueno, el agua va a entrar en contacto con lo que es la sal, son bolitas negras; el agua al unirse con la sal, la sal está formada por sodio y cloro, entonces el agua al estar en contacto con la sal va a hacer que esas moléculas, se separen: el cloro por un lado y el sodio por el otro y en medio de ellos va a estar una molécula de agua y alrededor de ella una molécula de cloro y una molécula de sodio y a eso le llamo disolución. Van a estar separadas entre sí y sus fuerzas de atracción no les va a permitir que estén juntas porque el agua va a estar en medio de ellas por su constante dieléctrica.

Confusión en el manejo de la terminología

En muchas ocasiones, los estudiantes responden ante las interrogantes, aparentemente de manera satisfactoria a la esperada; si los profesores no profundizamos acerca de lo que realmente están entendiendo los estudiantes podríamos quedarnos con la idea de que han comprendido suficientemente el tema de enseñanza; ahondar en ello es importante para conocer en qué medida el empleo de cierta terminología técnica o científica está siendo correctamente utilizada. Veamos el siguiente fragmento de entrevista:

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A TENER DE MANERA SEPARADA, COMO TENÍAMOS ANTES DE JUNTAR EL HIERRO, EL AGUA Y LA SAL?

Ao Por la destilación puede ser la sal.

Mo. EXPLÍCALO.

Ao Pues se destilaría el agua; para sacar el hierro puede sacarse fácil, pero la sal no.

Mo. ¿EN QUÉ CONSISTIRÍA LA DESTILACIÓN, TÚ QUÉ HARÍAS CON ESTO QUE TIENES AHÍ?

Ao Tendríamos que separar el hierro, la sal y el agua.

Mo. SÍ, PERO ¿CÓMO?

Ao Por medio de procesos.

Mo. ¿CUANDO TÚ DICES DESTILACIÓN QUÉ QUIERES DECIR?, ¿EN QUÉ CONSISTE?, ¿QUÉ ES DESTILAR?

Ao No me acuerdo, no sé cómo decirle.

(Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 15)

Fuerte influencia de la experiencia sensorial

La percepción de las características externas de los materiales determinan en gran medida las predicciones en el comportamiento de las mimas:

Mo. ¿CÓMO SABES QUÉ CARACTERÍSTICAS O COMPOSICIÓN TIENE LA GRAVA QUE TE PERMITEN PREDECIR SI SE VA A DISOLVER O NO?

Ao. Porque éste es un sólido más compacto y la fuerzas de cohesión son más unidas que no permiten que se disuelva con el agua.

Mo. ENTONCES, EL HECHO DE QUE UNA SUSTANCIA SE DISUELVA O NO DEPENDE DE LA COHESIÓN?

Ao. Sí y de la estructura de ellos.

Mo. CUANDO HABLAS DE ESTRUCTURA ¿A QUÉ TE REFIERES?

Ao. Al tamaño y a la forma en que se encuentra.

(Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 4)

Los estudiantes al no contar con un modelo teórico a nivel de partículas que les permita dar una explicación a este nivel, recurren también a las analogías provenientes de su vida cotidiana para dar sentido a los fenómenos sobre los cuales se les solicita dar explicación:

- Mo. DIME LO QUÉ PASÓ ¿QUEDÓ COMO TÚ DIJISTE?
- Ao. No quedó porque al mezclarse con el agua se hace más denso y se va para abajo.
- Mo. ¿POR QUÉ?
- Ao. Porque adquiere mayor, o sea, una camisa seca es más liviana que una mojada; lo mismo pasó aquí, si está seco está liviano, pero ya que se moja con el agua se va a sedimentar abajo ¿o no?
- Mo. PERO AHORITA LA SAL TAMBIÉN SE MOJÓ CON EL AGUA Y NO QUEDÓ ABAJO.
- Ao. Ah, porque la composición de esta sustancia que es un metal no se disuelve; un metal no se disuelve en agua, en cambio, la sal sí se disuelve en agua.
- Mo. ¿POR QUÉ NO SE DISUELVEN EN AGUA LOS METALES?
- Ao. Porque suuu...composición No sé. Es que su estructura es muy, cómo puedo decirle... sus compuestos, sus moléculas pienso que son mucho más unidas que las de la sal.
- (Estudiante de 3º semestre de bachillerato, entrevista 4)

En general, se aprecia que existe una evolución en la construcción conceptual a través de la trayectoria escolar. No obstante, aunque se esperaban construcciones más completas y elaboradas por parte de los estudiantes de 5º semestre de QFB con base en un modelo de materia suficientemente explicativo, sólo se encontraron parcialmente y a lo largo de sus descripciones y explicaciones, se observó un modelo estático de materia a nivel de partículas. Un fragmento de entrevista puede servir de ejemplo:

- Mo. ¿SI NO HUBIERAS AGITADO QUÉ HUBIERA PASADO CON EL AZÚCAR?
- Ao. Ahí se hubiera quedado en el fondo del vaso.
- Mo. ¿SI GUARDAMOS EL VASO, QUE CREES QUE PASE CON EL AZÚCAR?
- Ao. Se va a desgastar el azúcar, se va a unir con el agua pero no de la forma de agitación. El azúcar va a quedarse en el fondo y se va integrar sola el azúcar al agua.
- Mo. ESTE VASO LO GUARDAMOS MUCHO TIEMPO, CERRADO, ¿QUÉ VA A PASAR CON EL AZÚCAR?, SI LO MIRAS COMO A LOS TRES MESES ¿QUÉ PASARÍA?
- Ao. Se va a ir bajando; el azúcar también es pesada y con el tiempo va a bajar y va a quedar en el fondo.
- (Estudiante de 1º semestre de QFB, entrevista 14:5)

Para este alumno, quien aún no ha construido una conceptualización contraintuitiva del movimiento aleatorio y permanente de las moléculas del solvente y de los iones del soluto, al nivel de partículas, el movimiento mecánico externo a la disolución es indispensable para que se mantenga como tal. Por el contrario, en el reposo, las partículas del sólido se sedimentarán; esto se explica recurriendo al efecto de la gravedad y el consecuente peso del soluto el cual es mantenido en suspensión por el disolvente, siempre y cuando se mantenga la agitación externa. Diez de los quince alumnos entrevistados (un 66.66%) expresaron que en reposo, el azúcar se va a ir al fondo por diversas razones: simplemente, por su peso, porque no se mezcló químicamente o porque las moléculas adquieren mayor peso.

La mayoría de las ideas identificadas para cada uno de los conceptos indagados adolecen de un marco interpretativo al nivel de partículas que se encuentran en continuo movimiento, que existe vacío entre ellas y que son extraordinariamente minúsculas. Esto implica un grado de abstracción suficiente y de descentración del mundo material para dar cabida a ese mundo microscópico que es estudiado por la química, mismo al que no han arribado aún estos estudiantes.

Al contrario de lo encontrado con el Grupo I, en las ideas localizadas, se encontraron más elementos explicativos y no se encontró tanta dispersión, además de que hubo mayor consistencia entre ellas; lo cual no significa que sean correctas desde el punto de vista científico.

3.4 Evolución de los conceptos básicos de química en el proceso de disolución, por semestre escolar

Introducción

Para terminar con la parte correspondiente a las construcciones conceptuales de la terminología química involucrada en las explicaciones de los procesos de disolución, expresados por los estudiantes, éstas fueron agrupadas en concepciones, así como por semestre escolar, lo cual facilitó una visión longitudinal que da seguimiento acerca de la incorporación del lenguaje científico en las representaciones dadas por los estudiantes entrevistados, en los dos grupos de referencia (D. F. y UAS).

Es necesario precisar que por el tipo de enseñanza predominante, los estudiantes de 5º semestre de la UAS, se esperaría que tuvieran un nivel de respuestas menos acertado que los de 3º semestre, ya que durante el ciclo inmediato anterior no cursaron la asignatura de química; los de 3º semestre acababan de cursarla, y los de 1º semestre de QFB acababan de llevar química durante todo el tercer año de bachillerato. De acuerdo con el plan de estudios de bachillerato de la UAS, los estudiantes cursan química durante el primer año, de manera obligatoria; el segundo año no la llevan y en tercer año la cursan sólo los alumnos que en la denominada *fase especializada* (o propedéutica), seleccionaron el área químico-biológica. Por otra parte, cabe precisar que los alumnos de primer semestre de QFB aún no tenían la influencia de esta carrera, por tanto, sólo contaban con los conocimientos adquiridos en su tercer grado de bachillerato. Por otra parte, los estudiantes del primer grupo, o sea, del D. F., acababan de cursar esta asignatura.

3.4.1 Disolución

En la tabla 1 puede notarse que de los 28 alumnos que fueron entrevistados, 23 (uno dio dos diferentes) dieron alguna conceptualización acerca de la disolución. Las

diversas correspondientes representaciones fueron agrupadas en nueve concepciones; la mayoría se refirió a la disolución como un proceso consistente en deshacer, desgastar, derretir, desintegrar, desaparecer, degradar, dispersar, integrar y diluir. Cabe precisar que aproximadamente la mitad de estos estudiantes son de bachillerato. Dos alumnos de primero que QFB se encuentra en este grupo de respuestas, por lo que podríamos decir que sólo los estudiantes del bachillerato utilizaron esta terminología para definir una disolución.

Por el tipo de términos empleados por este grupo de estudiantes para definir el proceso de disolución podríamos derivar que no cuenta con una base conceptual a nivel de partículas que les permita dar cuenta del fenómeno en estos términos, así frente a esta carencia teórica recurren a conceptos que de una u otra manera describen el proceso observado, aquel que da cuenta de la desaparición (visual) del soluto (sal / azúcar) en el disolvente (agua).

La otra conceptualización acerca del fenómeno de disolución en la que coincidieron 5 alumnos (ver tabla 1, grupo de ideas 1.2; está orientada hacia la conceptualización de la disolución como un proceso equivalente a un cambio químico. Esta idea que en los estudiantes tiene su base en la "Desaparición del material original", tiene raíces históricas que se pueden ubicar después de mediados del siglo XVII, la cual ya había sido propuesta por Robert Hook, quien afirmaba que "La combustión [de acción química] podría entenderse como una especie de disolución, ya que parte del material original desaparece" (Córdova, J. L., 1998).

La recurrencia en la confusión entre cambio físico y cambio químico esta ampliamente documentada en otras investigaciones, por ejemplo en el sentido inverso R. Driver (1985) encontró que un patrón de respuestas de los estudiantes, quienes al interpretar un fenómeno químico, parecía ser la aplicación más apropiada para cambios físicos, en problemas que se solicitaban responder acerca de la conservación de la masa para un cambio químico.

Otro estudio relevante frente a este problema es el realizado por Stavridou, H. & Solomonidou, Ch. (1989) con estudiantes griegos de edades entre 8 y 17 años, en los conceptos de reacción química y las maneras en las cuales ellos categorizaron una serie de transformaciones físicas y químicas de la materia. El resultado de este trabajo presenta que los alumnos agruparon los fenómenos físicos y químicos en diferentes direcciones usando diferentes criterios. Reconocer el cambio requiere contar con puntos concretos de referencias para ir más allá de lo fenomenológico. Para el químico, por ejemplo, una sustancia o compuesto es caracterizado por sus propiedades, algunas de las cuales son tomadas como puntos de referencia para su identificación o reconocimiento del cambio sufrido por ella (puntos de fusión, de congelación, de ebullición, diferentes espectros, etc.). En este trabajo se afirma que todos los criterios que usaron los estudiantes fueron macroscópicos y no hubo referencias espontáneas a algún criterio que invocará a los aspectos microscópicos de la materia.

Como puede ser notado en la tabla 1, esta confusión entre cambio físico y químico fue sostenida básicamente por alumnos de bachillerato (un alumno por cada uno de los semestres escolares indagados y uno de biología).

En la concepción 1.3 encontramos aproximaciones a una explicación a nivel de partículas en donde la gente activo en el proceso de disolución está centrado en el soluto, en una de las afirmaciones, en tanto que en la otra es el disolvente el agente responsable de separar las partículas del soluto; en este último caso, los estudiantes erróneamente se refieren a la sal en términos de moléculas en lugar de iones.

En este apartado (1.3) podríamos decir que se nota una evolución conceptual, aunque no marcada, ya que fue un alumno de cuarto semestre de bachillerato y dos de primero de QFB quienes lo conforman.

Otra de las respuestas parcialmente aceptadas es la 1.4, ya que se reduce la posibilidad de formación de disoluciones a la mezcla de sólido en líquido; también

podemos observar una definición cercana a como aparece en los libros de texto de química: "Es un cambio físico, lo puedes separar por métodos físicos", y esto a la vez es una generalización, ya que existe una infinidad de cambios físicos que no necesariamente son disoluciones, por ejemplo cuando se rompe o dobla un objeto, acciones que podemos caracterizar como cambios físicos, pero no como disoluciones. Las descripciones dadas no incorporan tampoco un lenguaje a nivel de partículas.

Esta concepción tampoco ofrece evidencias de evolución conceptual de acuerdo con el avance escolar, ya que fue emitida por dos alumnos de bachillerato (uno de segundo y otro de cuarto semestre) y un alumno de quinto semestre de QFB.

La concepción 1.5, fue la más cercana a la presentada en los libros de texto de química para explicar el proceso de disolución, y esta fue sostenida sólo por dos estudiantes de quinto semestre de QFB, aquí si se aprecia una evolución conceptual como producto de la escolarización, ya que, además, incorpora un lenguaje especializado y empleado adecuadamente.

Tabla 1. Disolución

Evolución por Semestre de los Conceptos Básicos de Química en Estudiantes de Bachillerato, QFB y Biología

1. Disolución	Bachillerato/semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
1.1 Deshacer, desgastar, derretir, integrar, desintegrar, diluir, (df8)desaparecer, degradar(15) (2)(df12)(df14) (del soluto en el disolvente)(6) (1) dispersar(7)(14)	2	1	1	3	2	-	-	-	9
1.2 Cuando se unen las propiedades de las dos. Las moléculas del azúcar dentro de las del agua(10) Se juntan las sustancias y se forma una sola (df11). Se formaron nuevas moléculas del agua y la sal...se combinaron sus elementos. Formaron una nueva sustancia. Hubo cambio químico (df7). La sal desapareció , pasó a formar parte del agua (1)(df3)	1	1	1	1	-	-	1	-	5
1.3 El agua al estar en contacto con la sal va a hacer que esas moléculas se separen : el agua se mete entre el sodio y el cloro.(12) El azúcar se puede dividir, en partículas mucho más pequeñas con el agua. (9)(df13)	1	-	-	-	2	-	-	-	3
1.4 Es la mezcla de sólido en líquido donde el sólido se disuelve perfectamente bien. (df14) El agua absorbe a la sal y el sólido se vuelve líquido . Es un cambio físico, los puedes separa por medios físicos) La sal se disuelve en el agua cuando logra entrar en las moléculas del líquido(5)(df1)(df14)	1	-	1	-	-	1	-	-	3
1.5 La sal se disuelve en agua porque es un compuesto iónico que se disocia al ponerse en contacto con el agua. La sal se divide en dos iones, el sodio se une a la parte negativa de la molécula del agua y el cloro a la parte positiva.(3)(13)	-	-	-	-	-	2	-	-	2
1.6 La sal está perdiendo sus propiedades para disolverse en el agua ... la sal está pasando de un estado sólido a líquido .(df6)	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1.7 Es como si las bolitas del agua guardaran a las del azúcar, como que las agarra, se meten adentro del agua...el agua las envuelve(df12)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Totales	6	2	3	4	4	3	1	1	24

DF Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3° semestre = 4; 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3

Nota: un mismo alumno dio dos diferentes interpretaciones.

3.4.2 Mezclas

En relación con el concepto de mezcla, de los 28 estudiantes que fueron entrevistados, 21 dieron alguna interpretación que al ser analizadas, se agruparon en seis concepciones (ver tabla 2); la primera de ellas está determinada más por la fenomenología y fue expresada tanto por estudiantes de segundo, tercero y cuarto semestres, así como por estudiantes de la carrera en QFB.

El resto de las ideas, de una u otra forma ofrecen criterios aceptables en relación con el tema, aunque la concepción 2.2 es la más completa y en ella sí se aprecia el efecto escolar; ya que los estudiantes introdujeron terminología apropiada y de seis que la dieron, cuatro corresponden a alumnos de 1º y 5º de QFB, en igual proporción. Una precisión importante en el concepto de mezclas es la variabilidad en la cantidad de los componentes que forman la mezcla, característica que fue expresada sólo por un estudiante de 1º semestre de QFB.

El concepto de mezcla homogénea fue difícil de construir por este grupo de estudiantes. Sólo trece estudiantes expresaron alguna idea al respecto; se describieron cinco concepciones. Sólo seis estudiantes de la UAS y uno de la carrera de Biología utilizaron adecuadamente la palabra fase y se observa evolución conceptual. La mayoría de los estudiantes del DF, se refirieron a la mezcla homogénea en términos más visuales "cuando no se distinguen sus componentes" (un alumnos de 5º semestre de la UAS se encuentra entre este grupo).

Por otra parte, la interpretación de mezcla heterogénea fue expresada por menos estudiantes; sólo 12, de los 28 entrevistados dieron algún tipo de respuesta; ocho de las cuales corresponden a alumnos de la UAS, tres son de 3º, uno de 5º semestres de bachillerato y los cuatro restantes, de QFB. La concepción determinada por la visualización (2.14) corresponde a un estudiante de 2º de bachillerato y a otro de 3º de Biología.

Tabla 2. Mezcla
Evolución por Semestre de los Conceptos Básicos de Química en Estudiantes de Bachillerato, QFB y Biología

Mezcla	Bachillerato/semestre				QFB		Biología		T
	2º DF	3º UAS	4º DF	5º UAS	1º UAS	5º UAS	3º DF	7º DF	
2.1 Combinación de dos o más sustancias(15) (5) (que todavía se distinguen)(11)(14)(df12)(df8)	1	2	1	-	1	1	-	-	6
2.2 Cuando no hay enlaces que unen al agua con el azúcar (2) Cuando no están unidos químicamente. Las sustancias que se unen no pierden sus propiedades y se pueden separar por métodos físicos. (8)(9)(3)(13)(df1)	-	1	1	-	2	2	-	-	6
2.3 Cuando dos elementos (df7) o dos cosas de la misma especie se juntan. (df12)(df13) Cuando agarras dos o más compuestos o cualquier sustancia y las juntas.(7)	1	-	1	1	-	-	1	-	4
2.4 Cuando se diluye, se unen las partículas de azúcar con el agua (8)(7) (df6)	-	1	-	1	-	-	-	1	3
2.5 Combinación de dos sustancias donde no importa la cantidad.(12)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
2.6 Cuando están unidos, dos o más sustancias y se pueden separar por métodos físicos. Conservan sus características. (df9)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Mezcla Homogénea Total	3	4	3	2	4	3	1	1	21
2.7 Tiene una sola fase (15)(7)(2)(9)(3)(7)	-	1	-	1	2	-	1	-	5
2.8 Cuando no se distinguen sus componentes. (13)(df4)(df11)(df13)(df9)(df14)	2	-	3	-	-	-	-	-	5
2.9 Cuando se disuelven (8)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
2.10 Cuando se juntan todas en un solo lugar(1)	-	-	-	1	-	-	-	-	1
2.11 No hay ninguna fase, ninguna diferencia(df7)	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Mezcla Heterogénea Total	2	2	3	2	2		2		13
2.12 Cuando se distinguen dos fases(11)(15)(2), sus componentes (8)(7)(12)(3)(13)	-	3		1	2	2	-	-	8
2.13 Cuando no está integrado o uniforme. No hay unas partes que tengan más y otras que tengan menos (df4)(df11)	-	-	2	-	-	-	-	-	2
2.14 Cuando se ven las cosas (df7)(df14)	1	-	-	-	-	-	1	-	2
Total	1	3	2	1	2	2	1		12

DF Bachillerato: 2º semestre = 5; 4º semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3º semestre = 4; 5º semestre = 4; Lic. QFB: 1º semestre = 4; 5º semestre = 3.

3.4.3 Compuesto Químico

Frente a la necesidad de construir algún tipo de explicación acerca del concepto de compuesto químico, introducido por los estudiantes durante el proceso de las entrevistas, sólo once dieron algún tipo de respuesta. Ellos retomaron algunas partes de la definición escolar para dar sentido al proceso observado (ver tabla 3).

Las 11 respuestas identificadas fueron organizadas en 3 concepciones. La primera de ellas está muy influida por la observación, donde la atención fue puesta en el componente que cambia (la sal), hecho por el cual, estos alumnos consideraron que el proceso de disolución daba lugar a un cambio químico; los estudiantes que dieron este tipo de respuesta son de los primeros semestres de bachillerato y los dos de Biología.

Tabla 3. Compuesto Químico

Evolución por Semestre de los Conceptos Básicos de Química en Estudiantes de Bachillerato, QFB y Biología. N = 28

3. Compuesto Químico	Bachillerato/semestre				QFB		Biología		T
	2º DF	3º UAS	4º DF	5º UAS	1º UAS	5º UAS	3º DF	7º DF	
3.1 Es la sal y el agua porque la sal perdió sus propiedades (cuando se juntan dos sustancias y ya no se nota el contenido) y hubo un cambio químico.(11)(10)(df6)(df7)(df12)	1	2					1	1	5
3.2 Es una sustancia nueva que se forma, con propiedades diferentes a las que se tenían anteriormente. (Cambiaron sus puntos de ebullición, de fusión). Hay reacción entre las sustancias, a nivel químico.(8)(5)(13)(df12)	1	1				2			4
3.3 Puede ser la unión de elementos...el agua sólo se puede separar por medio de procesos no tan sencillos como el de calentar esto y separarlo y filtrarlo, sino por hidrólisis.(df4) (df9)	1		1						2
Total	3	3	1	-	-	2	1	1	11

DF: Bachillerato: 2º semestre = 5; 4º semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS: Bachillerato: 3º semestre = 4; 5º semestre = 4; Lic. QFB: 1º semestre = 4; 5º semestre = 3.

La concepción 3.2 es la más cercana y completa, aunque hay que hacer notar que en ninguno de los casos se habla acerca de que un compuesto es una sustancia que está formada por dos o más clases de átomos, combinados químicamente en proporciones constantes, definidas y fijas, lo que lo marca la diferencia sustancial con la formación de mezclas.

Por el tipo de respuestas y por la menor cantidad de estudiantes que emitieron alguna de ellas, éste fue el concepto más complejo.

En otros estudios sobre cambio químico, los estudiantes lo explican en términos de mezclas de partículas (cfr. Solsona P., N. 1995)

3.4.4 Elemento Químico

Se reconoce la dificultad específica que existe para la conceptualización de este, ya que no se tiene evidencia perceptiva directa.

Éste es uno de los tres conceptos que tuvieron mayor dispersión en el tipo de respuestas (los otros dos fueron, las interpretaciones relacionadas con la naturaleza del soluto, tabla 6, y con los efectos del calor en el proceso de disolución, tabla 5.2). Incluso en la definición que dio uno de los estudiantes de 5º semestre en QFB, aunque es la más completa, no se aprecia una clara delimitación entre elemento químico y compuesto químico, ya que, según su interpretación, los elementos se encuentran como tales, aunque ya formen parte de un compuesto (ver concepción 4.7), idea que se puede encontrar también en la concepción 4.2 (ver tabla 4).

No existe evolución conceptual para este tópico.

Tabla 4. Elemento Químico

Evolución por Semestre de los Conceptos Básicos de Química en Estudiantes de Bachillerato, QFB y Biología. N = 28

4. Elemento Químico	Bachillerato/semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
4.1 Es puro, está junto.(11) (10)		2							2
4.2 En la sal está el sodio, el cloruro (8). En el agua/sal/límadura hay el hidrógeno, el oxígeno, el hierro(df8) Son los que vienen en la TP, son compuestos que habitan el planeta. (15)(7)(df2)(df6)		2	2	1				1	6
4.3 El Fe es un elemento porque sus átomos no se pueden descomponer en otro elemento; tiene moléculas y átomos del mismo tipo(8)(df13)		1	1						2
4.4 Es lo más chiquito que es el átomo y el elemento está hecho de átomos. (df14)	1								1
4.5 Están formados por átomos. Son el Fe, el Cl, la sal, el oxígeno, el hidrógeno. Es una sustancia que puedes encontrar, pero que son partículas de la misma sustancia que están ya unidas (df5)	1								1
4.6 El agua es elemento químico porque está compuesta por dos químicos: dos H y un O; la sal es otro elemento formado por cloruro de sodio. (14)(df9)(df14)	2				1				3
4.7 Son sustancias iguales, átomos con las mismas propiedades que comparten el mismo peso atómico, tienen cierta configuración electrónica. Átomo es igual a elemento. En la mezcla de agua/sal/ferro se tienen varios elementos químicos: sodio, cloro, hierro, hidrógeno y oxígeno.(5)						1			1
4.8 Es un tipo de átomo que dependiendo de su # de protones y electrones le dan una característica específica porque son los que forman las cosas(df1)			1						1
4.9 Porque así está en la naturaleza, por eso el ferro es un elemento.(df11)(df8)			1						1
4.10 Es la unidad básica de todas las sustancias que conocemos de la naturaleza. (df7)							1		1
Total	4	5		5	1	1	1	1	20

DF: Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS: Bachillerato: 3° semestre = 4; 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3.

3.4.5 Factores que afectan el proceso de disolución

La mayoría de los factores que fueron indagados en este apartado demandaban una interpretación al nivel de partículas por parte de los entrevistados. Una de ellas es la referente a la predicción acerca de lo que sucedería, en caso de no haber agitado cuando se agregó el soluto.

3.4.5.1 Agitación mecánica

21 de los 28 estudiantes dieron algún tipo de respuesta, de cuyo análisis se obtuvieron cuatro concepciones (ver tabla 3.1). En ninguna de las ideas se aprecia una concepción de partículas que incorpore el movimiento permanente de las mismas. Sólo cuatro de los 21 estudiantes conciben que aún sin agitación externa es posible la disolución de la sal o azúcar en agua, aunque tres de ellos más influenciados por la experiencia personal, que por la escolar; uno de 1° de QFB lo atribuye a los espacios moleculares del agua, mismos que serán ocupados por la sal. Los tres restantes lo atribuyen a al factor tiempo y al proceso de derretir (sic). En este tema no se aprecia evolución conceptual alguna.

Tabla 5.1 Factores que afectan el proceso de Disolución. Agitación mecánica.
en estudiantes de bachillerato, QFB y Biología. N = 28

5.1 Factores que afectan la disolución	Bachillerato / semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
5.1 Sin agitación mecánica									
5.1.1 No se disolvería, quedaría en el fondo(10)(15)(8)(7)(6)(1)(14) (df2)(df4)(df13)(df6)(df9) (la función de la agitación es hacer más pequeñas las partículas de azúcar, darles más espacio(9) (5)	1	3	3	3	2	1	-	1	14
5.1.2 Sólo una parte se disolvería, iba a quedar azúcar en el fondo. (3)(13) Porque las particulitas están muy juntas(df5)	1	-	-	-	-	2	-	-	3
5.1.3 Se disuelve porque el agua tiene espacios moleculares que son ocupados por la sal.(2)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
5.1.4 Con el tiempo se disuelve (porque se derrite con el agua)(4)(12)(df14)	1	-	1	1	1	-	-	-	4
Total	3	3	4	4	4	3	-	1	21

DF Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2; UAS Bachillerato: 3° semestre = 4, 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3

3.4 5.2 Tamaño de las partículas

Sólo 19 de los 28 estudiantes entrevistados pudieron dar algunas interpretaciones sobre este tópico y fueron cinco las concepciones que las agruparon. Para todos es más tardado el proceso de disolución de un grano más grande que otro pequeño. Más del 50% de los alumnos relacionaron el tamaño grande de las partículas del soluto con una mayor unión o compresión de las moléculas; a mayor tamaño más sólido, más compacto (ver tabla 3.1).

Tabla 5.2 Factores que afectan el proceso de Disolución. Tamaño de las partículas del soluto, en estudiantes de bachillerato, QFB y Biología. N = 28

5.2 Tamaño de las partículas del soluto	Bachillerato / semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
5.2.1 Es más difícil disolver el azúcar porque sus moléculas están más unidas, comprimidas (10)(14)(df6), se hace más sólido , más compacto(12) Se tiene que agitar más fuerte para deshacer , desgastar, el terrón porque está junto. (11) (7).(6) (df13)		2	2	1	2	-	-	1	8
5.2.2 Tarda más porque están más grandes los pedacitos (8)(4) Tarda más porque primero hay que separar en pedazos pequeños para disolverse. (13)(df1)(df5)	1	1	1	1	-	1	-	-	5
5.2.3 Es más difícil porque están más gruesos , más duros . (15)(df2)(df11)	-	1	1	1	-	-	-	-	3
5.2.4 Tarda más porque hay un menor número de moléculas expuestas a la acción del agua. Primero se disuelven las moléculas del exterior para gradualmente disolver las demás.(3) En los granos chiquitos casi toda la partícula tiene contacto con el agua.(df14)	1	-	-	-	-	1	-	-	2
5.2.5 Algunas sustancias no se disuelven, por el tamaño y la forma.(1)	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Total	2	4	4	4	2	2	-	1	19

DF Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3° semestre = 4; 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3.

3.4.5.3 Efectos producidos por las variaciones de temperatura

Con este factor se intentaba sobre todo identificar si los estudiantes contaban con una base de la termodinámica, teoría que explica lo que sucede a nivel de partículas, cuando se modifica la temperatura del sistema.

3.4.5.3.1 En agua fría

Después del concepto de compuesto químico, en el presente tópico es donde hubo menor cantidad de estudiantes que emitieran algún tipo de respuesta, sólo 14 de los 28 entrevistados, todos de la UAS a excepción de uno del D. F. En las cuatro primeras concepciones se introduce un vocabulario a nivel de partículas para dar algún tipo de explicación. Sólo un estudiante de 5º semestre de QFB habla de energía. La concepción 5.3.3 es antropocéntrica, ya que le asigna voluntad a las moléculas. Para cuatro estudiantes se produce un proceso de reversibilidad, a través del cual, el soluto que ya había sido disuelto, se separa y se sedimenta. Se aprecia una ligera evolución conceptual. Nótese que ocho de los 14 que respondieron son estudiantes de QFB.

Tabla 5.3.1 Factores que afectan el proceso de Disolución. Temperatura, en estudiantes de bachillerato, QFB y Biología

5.3.1 Temperatura	Bachillerato / semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
En agua fría:									
5.3.1 Las moléculas están firmes; en el estado sólido las moléculas están más detenidas y en el líquido se mueven más. (15). Hay menor movimiento de moléculas. (13)		1	-	-	-	1	-	-	2
5.3.2 Disminuye la solubilización porque las moléculas tienen menor energía , menor movimiento.(3)	-	-	-	-	-	1	-	-	1
5.3.3 Se reducen esos espacios y no le dan cabida a las moléculas que quieren disolverse en el medio acuoso. (2)	-	-	-		1		-	-	1
5.3.4 Las moléculas vuelven a juntarse (y se asientan en el fondo).(1)(12)(5) El azúcar se va al fondo (9)	-	-	-	1	2	1	-	-	4
5.3.5 Cuando está helado, mantiene el cuerpo estable, sin cambios (4)		-	-	1	1	1	-	-	3
5.3.6 El agua fría es más cercana al hielo, por acción de la temperatura, es lo inverso de lo caliente. Tú no puedes disolver azúcar en hielo, se quedaría en la superficie (df4)	1	1	1	-	-	-	-	-	3
Total	1	2	1	2	4	4	-	1	14

DF Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3° semestre = 4; 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3

3.4.5.3.2 En agua caliente

Una mayor cantidad de alumnos externaron diversas respuestas en relación con lo que sucedería en caso de utilizar agua caliente en vez de fría o a la temperatura ambiente, en el proceso de elaboración de la disolución. También las respuestas fueron más dispersas que en todos los tópicos estudiados en este apartado, lo que dio lugar a 12 concepciones. La más completa y cercana a la literatura en química fue la expresada por más alumnos (cinco) (ver 5.3.3, en tabla 5.3.2), de los cuales tres corresponden al bachillerato y dos al 5° semestre de QFB.

La mayor cantidad de estudiantes que dieron algún tipo de respuesta corresponde al 5º semestre de bachillerato y le siguen los de 1º semestre de QFB. No se aprecia una evolución conceptual por semestre escolar.

Tabla 5.3.2 Factores que afectan el proceso de Disolución. Temperatura, en estudiantes de bachillerato, QFB y Biología. N = 28

5.3.2 Temperatura	Bachillerato / semestre				QFB		Biología		T
	2º DF	3º UAS	4º DF	5º UAS	1º UAS	5º UAS	3º DF	7º DF	
En agua caliente:									
5.3.1 Se amplían los espacios moleculares. La temperatura dilata esos espacios y se puede diluir más azúcar (2)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
5.3.2 Con el calor, las fuerzas o las moléculas tienden a expandirse ; el calor hace que el cuerpo se desintegre más rápido, se pudre; hace que las reacciones sean rápidas; cuando está helado, mantiene el cuerpo estable, sin cambios.(4)(df14)	1	-	-	1	-	-	-	-	2
5.3.3 Las moléculas se mueven más de prisa y eso hace que las moléculas de azúcar se disuelvan más fácil.(8)(3) y al moverse se integran mejor las partículas...el calor acelera la reacción (df5)asi es más fácil el arreglo atómico y la disolución es más rápida(13)(1)	1	1	-	1	-	2	-	-	5
5.3.4 Se disuelve más fácil. (7)porque está más cercano al gas, al vapor(df4)	-	-	1	1	-	-	-	-	2
5.3.5 Sus moléculas van a tender a estar más separadas y eso facilita la disolución(12)(9)(5)	-	-	-	-	2	1	-	-	3
5.3.6 Se deshace más rápido el azúcar(df2)	-	-	1	-	-	-	-	-	1
5.3.7 Se disuelve mejor. Debido al calor las fuerzas de cohesión tienden a expandirse y el sólido tiende a abrir y a formarse líquido y las moléculas van a estar ni muy unidas, ni muy expandidas, en estado líquido (4)	-	-	-	1	-	-	-	-	1
5.3.8 El azúcar se derrite, se hace como miel. (14)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
5.3.9 Hace que el agua pueda recibir más azúcar, como que se hace más extensible(df13)	-	-	1	-	-	-	-	-	1
5.3.10 Perdería más rápido sus propiedades(df6)	-	-	-	-	-	-	-	1	1
5.3.11 El grano del cristal del azúcar no puede ya disolverse más y el agua al estar muy caliente está desprendiendo oxígeno o CO ₂ .(df9)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
5.3.12 No afecta(6)	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Total	3	1	3	5	4	3	-	1	20

DF Bachillerato: 2º semestre = 5; 4º semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3º semestre = 4; 5º semestre = 4; Lic. QFB: 1º semestre = 4; 5º semestre = 3.

3.4.5.4 En reposo

Esta variable, que como se dijo anteriormente, no afecta la disolución, se complementa con el factor agitación, por tanto se esperaba que hubiera una correspondencia en el tipo de respuestas. Efectivamente, en los dos tópicos se deja ver que los estudiantes tienen una visión de materia estática a nivel de partículas. En esta dirección se encuentra la concepción 5.4.1 que es la que agrupa las ideas del 60.86% de del total de alumnos que respondieron.

Tabla 5.4 Factores que afectan el proceso de Disolución. Reposo, en estudiantes de bachillerato, QFB y Biología. N = 28

5.4 Reposo	Bachillerato / semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
5.4.1 Va a bajarse el azúcar (porque cada una tiene sus propiedades)(10)(5)(df2 porque el granito de azúcar se sale del agua (df5) 5.4.7 La sal se iría asentando. (7)(1)(4)(9)(df6)(df8) porque es pesada(14)(df4) (df3) por inercia(12)	2	1	2	4	3	-	1	1	14
5.4.2 El azúcar se desintegra, se deshace, derrite por estar en agua.(11)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
5.4.3 Es más dulce porque se concentra, se condensa (15)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
5.4.4 No hay reacción química; no hay separación de los compuestos (2)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
5.4.5 Va a seguir diluida (el azúcar)... Porque no hay ningún factor que altere el estado en que se encuentra.(df14)	1	-	-	-	-	-	-	-	1
5.4.6 El azúcar disuelto va a bajar porque no está totalmente unida al agua; no se mezcló químicamente.(8)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
5.4.7 Se mantiene disuelta (porque están asociadas las moléculas de azúcar a las de agua, se encuentran unidas por eso se mantienen igual.)(3)(13) el azúcar ya se incorporó al agua y es difícil que se vuelva a agrupar(df13)	1	-	1	-	-	2	-	-	4
Total	4	4	3	4	4	2	1	1	23

DF Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3° semestre = 4; 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3.

Después del concepto de disolución, fue el de la naturaleza del soluto y éste donde hubo un mayor número de respuestas (todos los entrevistados de la UAS, con excepción de uno de 5° semestre de QFB); en cuanto a la cantidad de éstas por

semestre, no se aprecian diferencias notorias entre los estudiantes de bachillerato y los de 1° de QFB (ver tabla 5.4). La concepción 5.4.8 da cuenta de alguna manera y al nivel de partículas, del proceso y fue exteriorizada por alumnos de bachillerato y de 5° de QFB, en tal sentido no se puede decir que hay evolución conceptual marcada.

3.4.5.5 Naturaleza del soluto

Fue particularmente interesante la pregunta que trataba de indagar por qué no se disolvió el hierro en el agua, además de compleja, ya que sin una base teórica de la química no es posible dar una respuesta adecuada. A esta cuestión respondió un 82.14 del total de los entrevistados (un 100% de los de la UAS y un 53.84 de los del DF) y aunque el tipo de respuestas fue disperso, casi el 50 % se concentró en una concepción (ver 5.5.1 en la tabla 5.5). La asociación de la dificultad de disolución del hierro a su peso fue la explicación más recurrente y en ella están presentes alumnos de todos los semestres, a excepción de los de Biología, uno de éstos lo atribuyó a que el hierro tiene una composición más sólida (ver 5.5.8); el otro, en cambio, dio una explicación más ligada a la química. No se aprecia evolución conceptual ligada a la escolarización, en el bachillerato; sólo dos concepciones (5.5.6 y 5.5.7) lo explican en términos de partículas y corresponde a alumnos de QFB.

Tabla 5.5 Factores que afectan el proceso de Disolución. Naturaleza del soluto, en estudiantes de bachillerato, QFB y Biología. N = 28

5.5 Naturaleza del soluto	Bachillerato / semestre				QFB		Biología		T
	2° DF	3° UAS	4° DF	5° UAS	1° UAS	5° UAS	3° DF	7° DF	
5.5.1 Es un metal , no se combina con el agua(df14) porque es un poco pesado para que el agua lo pudiera soportar. La sal queda dispersa en todo el líquido porque no es tan pesada como el Fe.(7)(6)(df1)(el Fe, el Al y todo eso no se van a disolver. Se pueden fundir nada más. df2) Es mucho más pesado (8)(1)(6)(df3)(df8) (y al mezclarse con el agua se hace más denso, como cuando mojamos una camisa) no es sustancia que pueda flotar. (14)	2	1	3	3	1	1	-	-	11
5.5.2 Es más fuerte , más duro , no se deshace (15) Es más fuerte , sus partículas están más unidas (11)(4)	-	2	-	1	-	-	-	-	3
5.5.3 Es un metal y no se mezcla con el agua.(2)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
5.5.4 La limadura se puede disolver echándole lumbre se hace en estado líquido.(4)	-	-	-	1	-	-	-	-	1
5.5.5 Sus propiedades , de lo que está hecho.(10)	-	1	-	-	-	-	-	-	1
5.5.6 Sus enlaces son muy fuertes entre sí.(12)	-	-	-	-	1	-	-	-	1
5.5.7 No tiene una reacción de disociación, no es soluble en agua y porque es un elemento puro.(3) No se ioniza(13)	-	-	-	-	-	2	-	-	2
5.5.8 Tiene una composición más sólida que la de la sal (df6)	-	-	-	-	-	-	-	1	1
5.5.9 Es no polar y al echarlo aquí (en el agua con sal) no se va a disolver...en la tabla periódica, el cloro está del lado derecho y el fierro está más a la izquierda conforme nos estamos acercando al lado derecho, lo elementos se van haciendo cada vez más polares y a la hora que nos vamos haciendo más a la izquierda se van haciendo menos polares.(df7)	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Total	2	4	3	6	3	3	1	1	23

DF Bachillerato: 2° semestre = 5; 4° semestre = 6; Lic. en Biología = 2

UAS Bachillerato: 3° semestre = 4; 5° semestre = 4; Lic. QFB: 1° semestre = 4; 5° semestre = 3.

3.4.6 Discusión

De este análisis destaca que la escolarización no está contribuyendo de manera notoria en un incremento de las explicaciones de los estudiantes de acuerdo con los fundamentos químicos; si bien se nota una mayor incorporación del lenguaje, éste no siempre fue utilizado de manera adecuada. También cabe hacer notar que fueron los estudiantes de 5° semestre de QFB los que en general dieron las respuestas más completas y apropiadas, las cuales en la mayoría de los casos fueron compartidas por estudiantes de bachillerato.

En los alumnos de Biología se aprecian notables carencias conceptuales, tal vez porque tenían más tiempo sin estar en contacto con esta temática, si se parte de la idea de que su aprendizaje fue a corto plazo.

Destaca una escasa comprensión de los porqués que explican y dan sentido a los procesos observados y existe una predominancia de descripciones con las que tratan de dar cuenta de los fenómenos.

En todos los casos es muy notoria la carencia de una base teórica de la estructura de la materia para explicar los cambios físicos de ésta. Por tal motivo se considera importante que en la enseñanza de éstos se incorporen los siguientes supuestos básicos a partir de los cuales se pueden explicar las propiedades de la materia y sus transformaciones, de acuerdo con Prieto t., Blanco, Á. y González, F. (2000:49):

- Toda materia está formada por unas pequeñas partículas que no se pueden ver, a las que se denomina moléculas, iones o átomos.
- Entre las partículas no hay nada (vacío).
- Cada sustancia está formada por un tipo distinto de partículas.
- Cada tipo de partícula tiene masa, tamaño y forma propios.

- Las partículas están en continuo movimiento.
- Cuando aumenta o disminuye la temperatura de un cuerpo es porque la velocidad media de las partículas aumenta o disminuye.
- Entre las moléculas existen fuerzas atractivas cuyo valor depende del tipo de partícula y de la distancia entre ellas. Si se acercan demasiado, aparecen fuerzas repulsivas.

Si los estudiantes logran comprender estos supuestos, además del entramado conceptual que representa el saber químico, es muy probable que estén en posibilidades de entender y explicar el fenómeno de disolución, a nivel de partículas.

3.5 Categorías en función de los patrones de respuesta de los estudiantes

Introducción

La información recogida a través de las 28 entrevistas clínicas nos permitió indagar la consistencia en las ideas de los estudiantes y, a través de preguntas que implicaban una reflexión y argumentación a nivel partículas acerca de lo que sucede con los componentes de las mezclas, se pudo explorar y documentar lo que los estudiantes consideran que pasó con los componentes al nivel de partículas, después de llevarse a cabo una disolución. Un análisis detallado de las entrevistas permitió identificar y agrupar las representaciones de los estudiantes en categorías, tomando como base sus patrones de respuestas. Se construyeron 5 categorías: (1) conservación, (2) transmutación, (3) macro-micro, (4) materia discreta estática, (5) efectos del calor.

El análisis de las entrevistas, desde esta otra perspectiva, nos proporcionó información relevante para comprender otros sentidos de la información; sobre todo, vinculada a procesos microscópicos, propiamente dichos; en función de que es el acercamiento que se hace en el campo de estudio de la química.

A continuación se describen cada una de las categorías de análisis, las cuales se presentan en tablas, acompañadas de las ideas de los estudiantes que dieron origen a las mismas; en las tablas también se especifica la cantidad de estudiantes que coincidieron en cada una de las explicaciones, diferenciándose por grupo, las que provienen de alumnos del D. F. (grupo I) y de las UAS (grupo II). También se incluyó una columna donde se especifica si las representaciones de los estudiantes incorporan ideas vinculadas al carácter discreto, es decir, ideas a nivel de partículas (átomos, moléculas o iones).

3.5.1 Conservación

En cuanto al tema de conservación, cabe precisar que los estudiantes que participaron en este estudio realizaron las operaciones de medición, con el objetivo de que tuvieran más evidencias acerca de las cantidades que mezclaron.

De los 28 estudiantes entrevistados, 21 dieron alguna explicación acerca de lo que sucede al azúcar una vez disuelta en el agua; para un 76.19 % de éstos, hay conservación, aunque no cuentan con una representación a nivel de partículas para explicar el fenómeno (ver tabla 1). Un 66.66% de los estudiantes del grupo I (DF) que respondieron a esta pregunta y un 83% de estudiantes del segundo grupo II (UAS), reconocieron la conservación de la masa del soluto (azúcar), una vez que fue disuelto en el agua.

Del total de estudiantes que respondieron, un 19% no reconoce la permanencia del soluto, una vez disuelto en el agua y un estudiante manifestó tener dudas.

Se identificaron dos ideas expresadas por cuatro alumnos (tres del D. F. y uno de la UAS) para quienes no hay permanencia del soluto; en una de ellas, se parte de la suposición de que, una vez disuelto, se desnaturaliza. Quizá en este caso estén pensando en términos de desaparición (o de no más existencia). En un fragmento de entrevista se observa claramente la idea de desaparición del soluto:

Mo. ¿CUÁNTO PESASTE DE AZÚCAR Y CUÁNTO DE AGUA?

Ao. 10 y 100 gramos.

Mo. AHORA QUE MEZCLASTE EL AZÚCAR CON EL AGUA ¿CUÁNTO CREES QUE PESE LA MEZCLA?

Ao. 100

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque se desnaturaliza el azúcar con el agua.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON DESNATURALIZAR?

Ao. Que simplemente se une al agua, pero no aumenta su peso.

Mo. PERO PESABA 10 GRAMOS ¿QUÉ PASÓ CON ESOS 10 GRAMOS?

Ao. Andan disueltos por acá.

Mo. ENTONCES, ¿AHORA CUÁNTO PESA?

Ao. Tal vez un poco más de 100 pero no creo que 110

Mo. ENTONCES, ¿AHORA CUÁNTO PESA?

Ao. Tal vez un poco más de 100 pero no creo que 110

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Es que el azúcar solamente desdobló al agua, desdobló sus compuestos hacia el agua, no la hizo aumentar de peso.

Mo. NO TE ENTIENDO. AQUÍ MEZCLASTE 10 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA, AHORA QUE EL AZÚCAR SE DISOLVIÓ EN EL AGUA ¿CUÁNTO PESA ESTO?

Ao. Yo digo que 100 gramos.

Mo. ¿CÓMO EXPLICAS EL HECHO DE QUE AHORA YA NO PODAMOS VER EL AZÚCAR EN ESA MEZCLA?

Ao. Ah, pues porque hay como un intercambio de, como te dije antes, perdió sus propiedades al mezclarse con el agua la mayor parte y se unió a los átomos de agua.

(Estudiante de 7º semestre, lic. en biología, entrevista 17, grupo I)

En la segunda idea, emitida por tres estudiantes, éstos desprecian su peso, quizá guiados por la poca cantidad de soluto empleado (10 g), o tal vez, por la influencia que ejerce la percepción donde una vez hecha la disolución (el soluto ya no se ve, desaparece de la vista).

Mo. ¿CUÁNTO PESAMOS DE AZÚCAR Y DE AGUA?

Ao. 10 gramos de azúcar y 100 gramos de agua.

Mo. ¿AHORA CUÁNTO CREES QUE TENEMOS?

Ao. Como se le puso poca azúcar en comparación con el agua, su peso yo creo que no cambia mucho porque realmente fue muy poco, que realmente no pudo llegar a afectar tanto el peso del agua.

Mo. ENTONCES, ¿CUÁNTO PESA ESTO?

Ao. Yo pienso que sigue manteniendo casi los 100 gramos.

Mo. ¿SI HUBIÉRAMOS ECHADO MUCHA AZÚCAR QUÉ CREES QUE HUBIERA PASADO, CUÁNTO PESARÍA AHORA?

Ao. Mmm, pues yo pienso que para que cambie de peso se le necesita echarle demasiado.

(Estudiante de bachillerato, 4º semestre, entrevista 8, grupo I)

También un estudiante de 3º semestre de bachillerato de la UAS asegura tener dudas acerca de la conservación del soluto.

Mo. ¿CUÁNTO PESASTE DE AZÚCAR?

Ao. 10 gramos.

Mo. ¿Y DE AGUA?

Ao. 100 gramos...

Mo. AHORA QUE EL AZÚCAR SE DISOLVIÓ EN EL AGUA ¿CUÁNTO CREES QUE PESE? ¿CUÁL ES EL PESO? ¿QUÉ TE HACE DUDAR?

Ao. Es que le agregué otra cosa al agua.

Mo. ¿QUÉ LE AGREGASTE?

Ao. Azúcar.

Mo. AHORA CON EL AZÚCAR YA DISUELTA ¿CUÁNTO PESA?

Ao. No estoy segura si pesa lo mismo o no.

Mo. ¿QUÉ TE HACE DUDAR?

Ao. No sé.

(Estudiante de bachillerato, 3º semestre, entrevista 10, Grupo II)

Ya para terminar, se presenta un fragmento de entrevista⁴² que pone de manifiesto que, en realidad, algunos estudiantes no tienen claro el concepto de conservación:

Mo. MUY BIEN, VOLVIENDO A LO ANTERIOR ¿TE ACUERDAS CUÁNTO PESASTE DE AGUA Y DE AZÚCAR?

Ao. De agua 100 g y de azúcar 10 g.

Mo. AQUÍ YA PUSISTE EL AZÚCAR, YA SE DISOLVIÓ, AHORA ¿CUÁNTO VAN A PESAR?

Ao. 110 g.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque son los 100 g del agua y aparte los 10 g de azúcar, yo creo que pesaría así primero, respondiendo rápido.

Mo. ¿Y PENSÁNDOLO?

Ao. Pensando, no estoy muy seguro, a lo mejor pesa poquito menos.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Pues, a lo mejor el azúcar al disolverse no aumenta mucho la masa del agua y el peso del agua podría quedar igual.

Mo. ¿Y EL DEL AZÚCAR?

Ao. Esa sería parte del agua, no contaría.

Mo. ENTONCES ME PODRÍAS DECIR MÁS O MENOS ¿CUANTO PESARÍA PESÁNDOLO BIEN?

Ao. Unos 100 g.

Mo. ¿CÓMO LO EXPLICAS ENTONCES?

Ao. El azúcar le da cierto peso, pero no completo al agua; los 10 g de azúcar dentro del agua, no son exactamente 10 g más.

Mo. ¿QUE TE HACE PENSAR ESO?

Ao. De que el azúcar no va a pesar lo mismo en el agua, se va a hacer más ligero; es que el agua no va a sufrir cambio al echar el azúcar, el peso va a seguir siendo el mismo que tenía el agua; no creo que suba

⁴² Esta parte de entrevista también se utilizó en el apartado 3.3.7 para documentar el hecho de que en algunos casos, los estudiantes tienen la creencia de que cuando una sustancia pasa de un estado de agregación sólido a otro líquido, su peso disminuye; ya que es muy ilustrativa.

Como puede apreciarse, en un primer acercamiento a las ideas de este estudiante pareciera que sí tiene claro el concepto de conservación; sin embargo, al indagar más acerca de este fenómeno podemos constatar que no es así; primero empieza a dudar y más adelante termina por negar el peso y masa del azúcar disuelta en el agua.

En relación con este tema, Lloréns, J. (1991:101) precisa que existen dos problemas fundamentales en la comprensión de la conservación de la masa; por un lado se identifica a la concepción inmaterial de los gases y, por el otro, el carácter difuso de cantidad de materia, donde las magnitudes masa, peso y volumen son objeto de múltiples confusiones. Tal es el caso que, incluso en varios libros de química de nivel universitario, una vez descritos los conceptos de masa y peso, se procede, por cuestiones prácticas, a utilizarlos de manera indistinta. En este caso, muy ligado a lo dicho por Lloréns se encuentra el de la formación de disoluciones o mezclas homogéneas, donde el o los solutos "desaparecen" ante la vista de los alumnos y pasan a tener un carácter inmaterial.

Por otra parte, Pozo, J. I. *et al.* (1991) reconocen que la conservación, además del equilibrio, son dos de los problemas más difíciles de superar en los procesos de aprendizaje de la química y constituyen un obstáculo en la comprensión de la propia noción de cambio de la materia. Parte de la problemática está, dicen Pozo y colaboradores (1991), en el hecho de que los alumnos tienden a fijar más su atención en los cambios producidos en la materia que en lo que permanece sin cambio aparente y, lo que permanece después de un cambio físico o químico de la materia nos remite a su naturaleza particular, es decir, a la noción de átomos moléculas y iones. Quizá, esto explique en parte lo que para algunos podría ser difícil de concebir, es decir, que haya estudiantes de nivel bachillerato que pongan en duda o nieguen la permanencia de uno o más de los componentes (soluto/s) de una mezcla homogénea.

En nuestro caso, además de compartir los argumentos anteriores, podríamos decir que los estudiantes no cuentan con un sistema conceptual lo suficientemente

consolidado que les ayude a “ver” la parte fenomenológica del proceso de disolución, en esta situación, la conservación del soluto, y estén en condiciones de interpretar al nivel de partículas este concepto. En la siguiente tabla se puede apreciar cómo todas las respuestas atienden a una carácter continuo de la materia. Ninguna de las ideas identificadas atiende el carácter discreto de la materia.

**Tabla 1. Conservación,
en función de los patrones de respuestas de los estudiantes. Grupos I y II
N = 28**

Ideas de los alumnos		Frecuencia		C	D	T
		Gpo I DF	Gpo II UAS	DF/ UAS	DF/ UAS	
Sí	• El azúcar no desapareció, sigue ahí, por el sabor.	1	2	X	-	3
	• No hemos quitado nada. Es la suma de las dos.	4	7	X	-	11
	• Porque el agua ya está disuelta en el azúcar, está más espesita el agua.	1	-	-	-	1
	• Porque al disolver el azúcar aumenta tantito el agua.	-	1	X	-	1
Total		6	10			16
No	• El azúcar se desnaturaliza con el agua.	1	-	X	-	1
	• El azúcar al disolverse no aumenta mucho la masa del agua y el peso del agua podría quedar igual. El azúcar sería parte del agua, no contaría.	2	1	X	-	3
Total		3	2	-	-	4
Tiene dudas		-	1	-	-	1
Total		-	1	-	-	1
Total						21

I = Grupo 1 (DF); II = Grupo 2 (UAS); C = Continua; D = Discreta; T = Total

3.5.2. Transmutación

Más de la mitad de los estudiantes entrevistados (60.71%), considera que la acción de mezclar el azúcar en agua da lugar a una transmutación o formación de una nueva sustancia (Andersson, B., 1990); ellos piensan que hubo un cambio químico, es decir, que el soluto pasó a formar parte del solvente, algunos lo dicen de manera explícita (ver por ejemplo, idea 2.5) y otros no (el resto) a pesar de que en otras partes de la entrevista se refieran a este proceso en términos de cambio físico.

Fueron 21 las ideas que expresaron los estudiantes en relación con lo que le sucede al soluto una vez que pasa a ser disuelto, referidas a su transmutación. Éstas se agruparon en nueve concepciones (ver tabla 2).

De los 17 estudiantes que piensan en términos de transmutación del soluto, ocho (38%) consideran que éste se desintegra, se deshace, se desnaturaliza o degrada (ver idea 2.1, tabla 2). Veamos qué es lo que hay detrás de estas expresiones a través de un fragmento de entrevista:

Mo. ¿SI SIGUES AGITANDO CON FUERZA QUÉ CREES QUE PASE?

Ao. Pues se unen, se va a hacer uno solo [EL AZÚCAR Y EL AGUA].

Mo. SI LE PONEMOS MÁS AGUA, ¿QUÉ CREES QUE PASE?

Ao. Me imagino que lo mismo. [Lo hace] Pasa lo mismo. No, no se juntaron, parece que se están deshaciendo. [Sigue agitando] Se deshacen, se desintegran, entre más más.

(Estudiante de 5º semestre, grupo II, entrevista 6)

Un estudiante de 7º semestre de Biología, lo explica de la siguiente manera, cuando se le problematiza en relación con la conservación del soluto una vez que fue disuelto en el agua.

Mo. AHORA QUE MEZCLASTE EL AZÚCAR CON EL AGUA ¿CUÁNTO CREES QUE PESE LA MEZCLA?

Ao. 100

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque se desnaturaliza el azúcar con el agua.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON DESNATURALIZAR?

Ao. Que simplemente se une al agua, pero no aumenta su peso.

Mo. PERO PESABA 10 GRAMOS ¿QUÉ PASÓ CON ESOS 10 GRAMOS?

Ao. Andan disueltos por acá.

Mo. ENTONCES ¿AHORA CUÁNTO PESA?

Ao. Tal vez un poco más de 100 pero no creo que 110

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Es que el azúcar solamente desdobló al agua, desdobló sus compuestos hacia el agua, no lo hizo aumentar de peso.

Mo. NO TE ENTIENDO. AQUÍ MEZCLASTE 10 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA, AHORA QUE EL AZÚCAR SE DISOLVIÓ EN EL AGUA ¿CUÁNTO PESA ESTO?

Ao. Yo digo que 100 gramos.

Mo. ¿CÓMO EXPLICAS EL HECHO DE QUE AHORA YA NO PODAMOS VER EL AZÚCAR EN ESA MEZCLA?

Ao. Ah, pues porque hay como un intercambio de, como te dije antes, perdió sus propiedades al mezclarse con el agua la mayor parte y se unió a los átomos de agua.

(Estudiante de 7º semestre de biología, grupo I, entrevista 17)

Se puede leer detrás de las ideas de este estudiante que está pensando en una transmutación del azúcar y unido a este proceso la pérdida o desaparición del soluto.

La idea 2.2 es más explícita en cuanto a que los tres estudiantes que la emitieron consideran que el soluto (azúcar) ya es parte del agua.

Mo. ¿TE ACUERDAS CUÁNTO PESASTE DE AGUA Y DE AZÚCAR?

Ao. De agua 100 g y de azúcar 10 g.

Mo. AQUÍ YA PUSISTE EL AZÚCAR, YA SE DISOLVIÓ, AHORA ¿CUANTO VAN A PESAR?

Ao. 110 g.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque son los 100 g del agua y aparte los 10 g de azúcar, yo creo que pesaría así primero, respondiendo rápido.

Mo. ¿Y PENSÁNDOLO?

Ao. Pensando no estoy muy seguro, a lo mejor pesa poquito menos.

Mo. HABER ¿POR QUÉ?

Ao. Pues, a lo mejor el azúcar al disolverse no aumenta mucho la masa del agua y el peso del agua podría quedar igual.

Mo. ¿Y EL DEL AZÚCAR?

Ao. Esa sería parte del agua, no contaría.

(Estudiante de 5º semestre de bachillerato, entrevista 1, grupo II)

En cuanto a la concepción 2.3, que expresa que el sólido pierde sus propiedades, cabe precisar que si bien es cierto que en el proceso de disolución, la mezcla de los componentes da lugar a una mezcla homogénea con propiedades diferentes a las que cada componente tenía por separado; por ejemplo, la disolución de agua salada tiene un punto de ebullición más elevado que el del agua sola; los

componentes de la disolución no alteran sus propiedades particulares⁴³ (ver anexo 1). Los estudiantes no lo están caracterizando de esta manera, sino fundamentalmente como una transformación o transmutación, en el mayor de los casos del soluto, ya que visualmente es el que cambió su apariencia. En este orden de ideas se enmarcan las concepciones que dieron origen a la siguiente categoría.

Tabla 2 Transmutación

En función de los patrones de respuestas de los estudiantes. Grupos I y II. N = 17

Transmutación (Creación de una nueva sustancia) Concepciones	Frecuencia		C	D	T
	Gpo I DF	Gpo II UAS	DF/ UAS	DF/ UAS	
2.1 El sólido se: desintegra, deshace, degrada, desnaturaliza.	4	4	X	-	8
2.2 El azúcar/sal pasó a ser parte del agua , tomó las características del agua.	1	2	X	-	3
2.3 El sólido pierde sus propiedades.	1	1	X	-	2
2.4 El azúcar se desgasta, se desbarata, se derrite y se integra al agua.	1	1	X	-	2
2.5 Al disolverse el azúcar en agua, se formaron nuevas moléculas del agua y la sal; formaron una nueva sustancia.	2	-	-	X	2
2.6 El agua absorbe a la sal porque el agua es más pesada que la sal.	1	-	-	-	1
2.7 El azúcar absorbe el agua.	1	-	X	-	1
2.8 Al evaporarse el agua, solamente se desprenden las moléculas de hidrógeno.	-	1	-	X	1
2.9 Al disolverse se une una partícula con la otra (azúcar y agua)	1	-	X	-	1
Totales	12	9			21

I = Grupo 1 (DF); II = Grupo 2 (UAS); C = Continua; D = Discreta; T = Total

3.5.3 Macro micro

Una de las barreras más importantes con las que se encuentran los estudiantes en el proceso de su aprendizaje de la ciencia consiste en reconocer las diferencias entre los aspectos empíricos y los interpretativos (teorías y modelos) (Prieto, T. *et al.* 2000).

La investigación sobre las ideas de los alumnos acerca del modelo particular de la materia pone de manifiesto que los estudiantes atribuyen a los átomos y moléculas

⁴³ Razón por la cual es posible la separación de los componentes a través de procedimientos físicos, relativamente sencillos.

las propiedades presentadas por la materia en el ámbito macroscópico. Los estudiantes consideran al mundo microscópico como totalmente isomórfico al macroscópico; así, las propiedades de los átomos y las moléculas son las mismas que ellos perciben en la materia observable (macroscópica), de las cuales aquellas son parte (Albanese, A. y Vicentini, M., 1997).

En este estudio, de los 28 estudiantes, al intentar explicar los fenómenos que se les presentaron, 21 de ellos recurrieron, entre otras fuentes, a la aplicación de las características observables (nivel macroscópico) de los procesos para explicar lo que acontecía al nivel de partículas (submicroscópico). Este recurso pone de manifiesto la carencia de un modelo teórico suficiente para explicar los cambios físicos de la materia, en este caso, el proceso de disolución.

Se identificaron tres concepciones para esta categoría (micro-macro): (1) explicación microscópica sobre los efectos de la agitación; (2) el por qué la limadura de hierro no se disuelve en agua y, (3) efectos de los cambios de temperatura en el proceso de disolución. Cada una de estas concepciones agrupa tres, cinco y tres ideas, respectivamente, las cuales fueron emitidas por 19 estudiantes; 11 corresponden al grupo I (un 84.61%) y ocho al grupo II (un 53.33%); lo cual marca una diferencia en tanto el tipo de población estudiada. Cabe recordar que el primer grupo estuvo formado por estudiantes regulares, con promedios de 8-9 y, el segundo, por estudiantes académicamente sobresalientes de bachillerato y de la carrera de QFB. De éstas 13 ideas, sólo dos (2.1 y 3.1, ver tabla 3), fueron compartidas por ambos grupos.

A continuación se desarrollan cada una de las tres concepciones.

1) *Explicación microscópica sobre los efectos de la agitación.*

La explicación de este fenómeno demandaba de los estudiantes recurrir a un modelo de partículas, mas frente a su carencia, recurrieron a ideas de tipo macroscópico. Se identificaron tres ideas en esta dirección, donde los estudiantes se

refieren a choques entre las partículas del agua y de la sal, así como a la fricción y del rompimiento de las partículas; explicaciones que dan cuenta del proceso de disolución desde la óptica de los estudiantes (ver tabla 3, concepción 3.1).

Otros estudiantes recurrieron a las analogías. Por ejemplo, un estudiante lo expresa de la siguiente manera:

Mo. ¿CONSIDERAS QUE LA AGITACIÓN QUE ESTÁS HACIENDO INFLUYE EN ALGO?

Ao. Sí, sería por el movimiento, es como si a una piedra o algo así, le vas tallando, le vas tallando y se va acabando poco a poco.

Mo. ¿Y AQUÍ SUCEDE ALGO PARECIDO?

Ao. Algo parecido, como que le tallo.

(Entrevista 11, estudiante de 2º semestre de bachillerato, grupo I)

Otro alumno de 6º semestre de bachillerato explica la función de la agitación en términos de fricción, pero sin más aportaciones. (Ver 3.1.3, tabla 3)

Un estudiante lo explica así

Mo. Y SI NO HUBIERAS AGITADO ¿QUÉ HUBIERA PASADO?

Ao. Cierta parte de la sal se hubiera disuelto, pero cierta parte de la sal también se hubiera sedimentado. Una parte de la sal alcanzó a disolverse en el agua, mientras que la otra no alcanzó a disolverse toda.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque si la echo, una parte de ella, al echarla, la primera parte, o sea, no toda, debido a que es más grande; si echo una cucharadita chiquita puede ser que no va a llegar toda hacia abajo; va a llegar un pedacito, pero más pequeño del que le he echado porque las moléculas de ella se expandieron, se disolvieron en el agua hasta fusionarse, hasta quedar una mezcla homogénea, o sea, una sola fase donde no la puedo distinguir.

(Entrevista 4, alumno de 5º semestre de bachillerato, grupo II)

Sólo en la idea 3.1.1 los alumnos se refieren a las partículas, el resto describió el proceso en términos de materia continua.

2) *El por qué la limadura de hierro no se disuelve en agua.*

Son muy interesantes las interpretaciones que dieron los estudiantes frente a esta interrogante, donde se ve muy marcada la recurrencia a situaciones de experiencia personal para explicar un fenómeno que demanda interpretaciones a nivel de partículas. Sin un marco teórico de referencia no es posible responder a esta pregunta desde el punto de vista de la química.

Entre las respuestas de los participantes, se encontraron cinco ideas en este marco de explicación. Las interpretaciones de los estudiantes desde un punto de vista macroscópico para explicar un proceso al nivel de partículas, se centraron fundamentalmente en situaciones muy vinculadas con su experiencia cotidiana; en tal sentido, todas, excepto dos, fueron de naturaleza continua. Dos estudiantes recurrieron al concepto de moléculas para explicar que el hierro no se disuelve en el agua "*porque sus moléculas están mucho más unidas que en la sal*" (ver 3.2.2), tomando como punto de apoyo la comparación con la disolución agua / sal.

Una de las interpretaciones compartida por más estudiantes, de este grupo, fue la consideración de que el fierro es más pesado y al estar en contacto con el agua se hace más denso y sedimenta (ver 3.2.1); otra idea es la asociación del hierro con la dureza y ésta a su vez se asocia a la dificultad de disolución; si algo es duro es más difícil de disolver, o no se disuelve, ya que la disolución consiste, para este estudiante, en deshacer (ver 3.2.4).

3) *Efectos de los cambios de temperatura en el proceso de disolución*

La comprensión del concepto de calor está ampliamente documentada en la literatura donde se pone en evidencia que los estudiantes se encuentran con grandes dificultades para acceder a su conceptualización. Dos de los problemas más sobresalientes en el tema de termodinámica, en el nivel de educación básica (primaria y

manifiesta en concepciones que conciben al calor como una propiedad que los cuerpos tienen o como algo material, que los cuerpos: (a) guardan y/o (b) transmiten a otros cuerpos, que se adiciona y cambia propiedades de los objetos. Por otro lado, se encuentra la indiferenciación entre calor y temperatura, que se expresa o bien como una identidad o como que la temperatura es la medida de la cantidad de calor. "Las ideas identificadas en este nivel educativo tienen una fuerte correlación con las experiencias físicas de los estudiantes, vinculadas a las sensaciones de frío y caliente producto del contacto con los objetos. En este sentido, se habla de calor y frío, a veces, como si fueran sustancias diferentes."⁴⁴(<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/analisis.htm>)

Las publicaciones revisadas sobre el tema exponen que muchos estudiantes aún después de varios años de escolaridad continúan manejando las mismas concepciones relacionadas con este tema, que usaban antes de su escolarización. También se ha encontrado que en algunos libros de texto existen errores conceptuales que pueden dar origen a las ideas previas en esta área de conocimiento.

La primera idea que se presenta en este grupo es la única que hace alusión a las moléculas y como una derivación de la interpretación del mundo macroscópico, los dos estudiantes que la comparten consideran que al calentar, las moléculas se expanden (ver 3.3.1). La tercera idea de este grupo hace una analogía con el agua fría y el hielo para explicar por qué es más fácil disolver el azúcar en agua que se encuentra a mayor temperatura.

⁴⁴ Mayor Información puede ser consultada en la página <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/analisis.htm>

Tabla 3. Macro-micro,
en función de los patrones de respuestas de los estudiantes. Grupos I y II, N = 28

3. Macro-micro (Grupos I y II)	Frecuencia		C	D	T
	Gpo I DF	Gpo II UAS	DF/ UAS	DF/ UAS	
3.1 Explicación microscópica sobre los efectos de la agitación					
3.1.1 Al agitar, las particulitas del agua chocan con las de la sal y las van rompiendo. O las mismas partículas van chocando con el vaso y se van rompiendo, por eso se hacen más chiquitas y se van disolviendo.	2	1	-	X	3
3.1.2 Al agitar, es como si a una piedra o algo así, le vas tallando, le vas tallando y se va acabando poco a poco.	1	-	X	-	1
3.1.3 Al agitar, como que está en fricción, como que está en contacto de movimiento del agua y el azúcar. Hay rozamiento del azúcar y el agua, por eso se disuelve.	1	1	X		2
Total parcial	4	1	3	2	6
3.2 El por qué la limadura de hierro no se disuelve en agua					
3.2.1 Porque es más pesado; al mezclarse con el agua se hace más denso y sedimenta.	2	3	X	-	5
3.2.2 Porque sus moléculas están mucho más unidas que en la sal.		2	-	X	2
3.2.3 Como no es soluble, nunca se va a desbaratar.	1		X	-	1
3.2.4 El hierro es más fuerte, es más duro, no se deshace. Las limaduras tienen mucha fuerza, por eso no se disuelve.	1	1	X	-	2
3.2.5 Porque no tiene una reacción de disociación, porque es un elemento puro.		1	-	X	1
Total parcial	4	7	3	2	11
3.3 Efectos del calor en el proceso de disolución					
3.3.1 Al calentar, las moléculas se expanden.	1	1	-	X	2
3.3.2 Al calentar, el agua se hace más receptiva con el azúcar. El agua se hace más extensible.	1	-	X	-	1
3.3.2 En agua fría es más difícil de disolver porque estaría más cercana a formarse el hielo y tú no puedes disolver azúcar en hielo.		1	X	-	1
Total parcial	2	2			4
Total					21

I = Grupo 1 (DF); II = Grupo 2 (UAS); C = Continua; D = Discreta; T = Total

De lo anterior se deriva que no obstante que la tarea demandaba un nivel de análisis y explicación al nivel de partículas, de los 19 estudiantes que dieron respuesta tomando como referencia el mundo macroscópico, sólo dos se refirieron a las moléculas y uno de ellos a las particulitas.

La mayoría de los entrevistados recurrió a experiencias del mundo macroscópico para interpretar fenómenos al nivel microscópico. Predomina una visión *realista ingenua* donde se considera que los hechos observables son la imagen directamente observada

por nuestros sentidos, sin considerar que la percepción es filtrada *a priori* por los esquemas representacionales que ya existen en cada uno de los estudiantes y que por tanto, se trata de una construcción mental que hacemos, no una mera copia de la realidad.

El realismo ingenuo y algunas teorías de la percepción consideran a ésta como una copia de la realidad, mientras que otras teorías la entienden como una construcción mental que se lleva a cabo sobre la base de inferencias inconscientes (teorías de orientación empirista) o de organizaciones perceptuales (teorías de orientación innatista). En tal sentido, para los estudiantes, las moléculas, los átomos y las redes iónicas son equivalentes al mundo macroscópico material, pero en diminuto (Furió, C. y Furió, C., 2000).

Comprender que existen dos niveles de descripción de la materia en íntima relación, es una tarea compleja que la mayoría de los estudiantes no logra discernir. Cabe precisar que es precisamente con la interpretación a nivel de átomos, moléculas e iones con los que se espera que los estudiantes de nivel bachillerato expliquen unitariamente la estructura de la materia y los cambios físicos y químicos que se producen de manera recurrente en la vida cotidiana y en los laboratorios escolares.

Cabe precisar que, derivado de sus estudios sobre el estado gaseoso, en estudiantes desde el nivel básico hasta el universitario, Nussbaum (en Gallegos, 2002:112) encontró que los aspectos de la teoría de partículas que son más difíciles de comprender por los estudiantes son básicamente tres:

- a) la existencia de espacio vacío (concepto de vacío),
- b) el movimiento intrínseco (cinética de partículas) y
- c) la interacción entre partículas (transformación química).

El siguiente fragmento de entrevista es muy evidente

Mo. ¿HACES OTRO?

Ao. Agua, sal. Así. (Agita)

Mo. ¿A ESO CÓMO LE LLAMARÍAS?

Ao. Una mezcla homogénea. Que puede ser homogénea. Ahorita porque la disolví muy poco, se ven superficies abajo del vaso, aquí, en esta parte; pero si sigo disolviendo en el agua, revolviendo, que diga, se va a disolver y va ser una mezcla homogénea.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR ESO?

Ao. Me hace pensar, porque ya lo he hecho antes. Es que por la composición, por lo que está compuesta la sal y la composición del agua; esas dos sustancias, pueden hacer que se pueda disolver.

Mo. HABER, SIGUE AGITANDO.

Ao. Y si la caliente se disuelve mejor.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Debido a que las fuerzas de cohesión del sólido se, debido al calor las fuerzas de cohesión tienden a expandirse, entonces el sólido tiende a (junta las dos manos y las abre) abrir, a expandirse y a formarse en estado líquido ¿o no? ¿o sí?

Mo. ¿QUÉ ES ESO DE EXPANDIRSE?

Ao. El sólido, debido a sus fuerzas de cohesión, las moléculas están muy unidas (junta las dos manos), en el líquido están regular y en el gas están libres. Entonces si yo tengo un sólido que es la sal, le sigo revolviendo va a llegar hasta el momento en que las partículas de él van a estar a mediadas, las moléculas van a estar ni muy unidas ni muy expandidas, en estado líquido.

Mo. ¿DICES QUE SI TÚ CALIENTAS, SE VAN A EXPANDIR LAS MOLÉCULAS?

Ao. Sí

Mo. ¿CUÁLES MOLÉCULAS?

Ao. Por ejemplo, en el agua va a tender a evaporarse debido a que las moléculas llegaron ya, se abrieron, llegaron al estado gaseoso. Y el del sólido que es la sal, yo pienso que va a llegar a estado líquido.

(Entrevista 4, estudiante de 5º semestre de bachillerato, grupo II)

Una explicación dada por Haidar y Abraham (1991) es que algunos alumnos consideran la disolución como un proceso de mezcla macroscópica, donde las moléculas del azúcar se mezclaron con las del agua o se desplazaron de un lugar a otro, sin orden o arreglo. En un sentido, esta interpretación no es tanto una concepción alternativa, sino que es una concepción incompleta. Pero le falta un elemento vital, un modelo de interacción entre las moléculas. Sin un modelo de fuerzas de atracción y de repulsión entre las moléculas, a los estudiantes les falta un mecanismo de explicación, por ejemplo ¿por qué algunos materiales se disuelven y otros no? Sin tales ideas, los

estudiantes usan una idea superficial de mezcla macroscópica y la aplican al mundo microscópico.

3.5.4 Materia discreta estática

Sólo se concibe lo que se ve; de lo contrario, no existe.

Como se dijo anteriormente, el movimiento intrínseco entre las partículas es otra de las dificultades con que se encuentran los alumnos en el proceso de aprendizaje de la estructura interna de la materia, en la asignatura de química. En el estudio realizado por Johnson, P. (1998)⁴⁵ con estudiantes ingleses de secundaria, se encontró que la comprensión del movimiento es poco clara; él destaca la ausencia de una imagen de movimiento de partículas.

Dos referentes en la entrevista fueron utilizados para indagar de manera más directa si los estudiantes conceptualizan el movimiento constante de las partículas que forman la materia con que se encuentran en contacto en su vida cotidiana. Ambos son de carácter predictivo. Uno de estos referentes hace hincapié en lo que hubiese sucedido al poner en contacto el azúcar o la sal con el agua si no se hubiese agitado manualmente; con el otro referente se intentaba indagar la predicción de los estudiantes en relación con el reposo de la disolución y el papel de sus componentes.

Como era de esperarse, las respuestas de los estudiantes tuvieron una tendencia hacia la concepción estática de la materia al nivel de partículas, lo cual pone en duda la funcionalidad de sus conocimientos acerca de los tres estados de la materia a nivel microscópico, cuando los describen y comparan a través de argumentos centrados en el mayor o menor movimiento de las partículas, diferente para cada estado de agregación y el cual es menor en el estado sólido y mayor en el gaseoso.

⁴⁵ Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a basic particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412, en Gallegos C., L. (2002), *loc cit.*: 109.

Frente a estas descripciones, pareciera que los alumnos tienen claro que, aunque perceptualmente no se vea el movimiento de las partículas, éstas se encuentran en permanente movimiento. Sin embargo, este argumento no es usado cuando la tarea es diferente.

Mo. ¿QUÉ CREES QUE SUCEDA SI ESTE FRASQUITO LO TAPAS MUY BIEN Y LO DEJAS MUCHO TIEMPO GUARDADO? ¿QUÉ VA A PASAR CON EL AZÚCAR?

Aa. No sé, tal vez, tal vez tenderá a asentarse, no sé.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE TENDERÁ A ASENTARSE? ¿QUÉ TE HACE SUPONER ESO?

Aa. Mmm bueno, había visto algo de mezclas saturadas, sobresaturadas; si se mezcla el soluto en el disolvente se va a diluir bien, pero si la dejas en reposo, supongo que por inercia va a empezar a acumularse ahí abajo.

(Entrevista 12, estudiante de 1º de QFB, grupo I)

La premisa de que las partículas que forman los materiales se encuentran en movimiento permanente, nos lleva a la posibilidad de inferir lo extraordinariamente minúsculo de las mismas, ya que dicha premisa pareciera ir en contra de la evidencia perceptual de la materia, ya que tal movimiento de partículas no es evidente en muchos materiales. Este fenómeno referente al movimiento intrínseco de las partículas de cualesquier sistema material, se encuentra acompañado de la dificultad para concebirlas y conceptualizarlas. Cabe precisar que es el movimiento de las partículas lo que nos permite inferir y explicar el comportamiento macroscópico de los materiales, en cada uno de sus tres estados, por ejemplo. (Ver entrevista 4, estudiante de 5º semestre de bachillerato, grupo II, en la conceptualización 3.1)

Ligado a lo anterior, se encuentra la pregunta hecha a los alumnos acerca del papel de la agitación mecánica o externa en el proceso de disolución, a nivel de partículas (iones, átomos o moléculas), después de añadir un soluto (sal o azúcar) a un disolvente (agua).

1. *Lo que sucede a nivel de partículas (átomos, iones o moléculas) si no se hubiera agitado.*

En relación con este tópico, más del 50% de los estudiantes entrevistados considera que de no haberse agitado, el soluto no se hubiera disuelto, hubiera quedado asentado en el fondo del vaso. Esta idea se corresponde con las que dieron en el tópico siguiente, el cual se refiere a lo que sucede a nivel microscópico cuando la disolución (una vez disuelto el soluto en el disolvente), se deja en reposo. Cabe precisar que todas las ideas vertidas en esta situación fueron del tipo macroscópico. Cuatro estudiantes del grupo dos se limitaron a decir que *"sólo se disuelve una parte, el resto se sedimenta"* (4.1.2), influidos por la percepción del proceso, ya que *"cuando se pone el azúcar en el agua, en el trayecto algunos granos se disuelven, antes de caer al fondo del vaso"*. Aunque aquí se encuentra implícita la idea de movimiento, el cual permitió la disolución del soluto durante el trayecto de caída.

Una idea que expresó uno de los estudiantes del grupo I es la que considera que el proceso de disolución consiste en el proceso de almacenaje de un grano en una sustancia que lo contiene (ver idea 4.1.3), en el caso de agua/azúcar, el agua contiene o soporta al grano de azúcar, razón por la cual al dejar de aplicar movimiento externo vía la agitación mecánica, *"se saldría el granito de azúcar del agua y se asentaría"*

Un estudiante del grupo II, recurrió a los espacios moleculares de que dispone el agua para justificar que el azúcar se disuelve sin necesidad de la intervención de una agitación externa, ya que la sal al vaciarla en el agua ocupa tales espacios (ver 5.1.4)

De los 23 alumnos que respondieron a esta cuestión, sólo uno (ver 4.1.4) concibió la posibilidad de que la sal se disolviera sin necesidad de recurrir a la agitación externa.

Un estudiante ha dicho explícitamente que se *"necesita del movimiento externo para que se acomoden las moléculas y queden así, fijas."* (Ver 4.1.5).

2. *Lo que sucede a nivel de partículas si la disolución se deja en reposo.*

Se perciben contradicciones que ponen en evidencia la falta de consistencia de las ideas de los alumnos en sus explicaciones; en una de las entrevistas podemos apreciarlo:

Una vez formada la disolución agua/azúcar:

1. "Con el tiempo, el azúcar se va a volver a juntar y se va a asentar en el fondo otra vez." [No concibe el movimiento de interacción entre las partículas]

En otra parte de la misma entrevista, el alumno opina lo contrario:

2. "Con el tiempo no le pasa nada porque no va a estar expuesta a agentes externos al agua y porque es mezcla homogénea, donde el azúcar ya es parte del agua. [En este caso, pareciera que este estudiante está pensando en la disolución en términos de cambio químico].

Y más adelante afirma:

3. Al enfriar el agua, las partículas se volverían a juntar y se asientan en el fondo. [A temperatura más baja, las partículas tienen a estar más juntas, no disminuyen su movimiento, ya que éste no se concibe].

Como puede apreciarse, el modelo mental del alumno está fuertemente determinado por sus percepciones y su experiencia concreta con los materiales que se usaron. No se concibe la posibilidad de las interacciones permanentes de las partículas.

Un estudiante de 1º de QFB lo expresó de la siguiente manera

Mo. SI ESTE VASO LO GUARDAMOS MUCHO TIEMPO, CERRADO, ¿QUÉ VA A PASAR CON EL AZÚCAR?, SI LO MIRAS COMO A LOS TRES MESES ¿QUÉ PASARÍA?

Ao. Se va a ir bajando; el azúcar también es pesada y con el tiempo va a bajar y va a quedar en el fondo.

(Entrevista 14, estudiante de 1º de QFB, grupo II)

Los estudiantes, en ocasiones cuentan con un fundamento teórico que respalda sus afirmaciones, sin embargo, al profundizar en la interpretación de sus ideas, tienen dificultades para integrar la teoría a las explicaciones fenomenológicas

Mo. BUENO, ¿QUÉ DIFERENCIAS ENCUENTRAS EN EL AGUA CALIENTE Y EL AGUA FRÍA?

Ao. Bueno, en el agua a temperatura ambiente...la diferencia es la temperatura. Agua fría, agua a temperatura ambiente. En el agua fría, las moléculas tienen menor energía, menor movimiento.

Mo. ¿Y ESO QUÉ INFLUENCIA TIENE EN LA DISOLUCIÓN DEL AZÚCAR Y AGUA?

Ao. No sabría explicarlo.

Mo. BUENO, ¿SI EN LUGAR DE AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE HUBIERAS USADO AGUA CALIENTE?

Ao. Se disuelve con mayor rapidez.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Pues al estar las moléculas de agua en movimiento, ellas mismas aplican la energía para separar las moléculas de azúcar.

Mo. ¿Y ESO ES EL EFECTO EN LA DISOLUCIÓN? ¿ES LA SEPARACIÓN DE LAS MOLÉCULAS DE AZÚCAR?

Ao. Si el agua está caliente; al estar con mayor movimiento las moléculas de agua hacen más fácil la incorporación de las moléculas de azúcar a las moléculas de agua.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. No sabría explicarlo.

Detrás se aprecia un modelo estático de la materia a escala microscópica:

Mo. BUENO, ¿SI EN LUGAR DE AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE HUBIERAS USADO AGUA CALIENTE?

Ao. Se disuelve con mayor rapidez.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Pues al estar las moléculas de agua en movimiento, ellas mismas aplican la energía para separar las moléculas de azúcar.

Mo. Y ESO ES EL EFECTO DE LA DISOLUCIÓN? ¿ES LA SEPARACIÓN DE LAS MOLÉCULAS DE AZÚCAR?

Ao. Si el agua está caliente; al estar con mayor movimiento las moléculas de agua hacen más fácil la incorporación de las moléculas de azúcar a las moléculas de agua.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. No sabría explicarlo.

Mo. SI GUARDÁRAMOS POR MUCHO TIEMPO ESE VASO CON EL AZÚCAR DISUELTO Y BIEN CUBIERTO, DE MANERA QUE NO SE ESCAPARA NADA ¿QUÉ PASARÍA CON EL AZÚCAR?

- Ao. Se mantiene disuelta
 Mo. ¿POR QUÉ?
 Ao. Porque están asociadas las moléculas (de azúcar) a las moléculas de agua.
 Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON QUE ESTÁN ASOCIADAS?
 Ao. Se encuentran unidas por eso se mantienen igual.
 (Entrevista 3, estudiante de 5º semestre de QFB, grupo II)

Concebir la materia al nivel de partículas en movimiento permanente (movimiento intrínseco -cinética de partículas) se ofrece como una fuerte dificultad, ya que es de carácter contraintuitivo, y, como líneas arriba se mencionó, para los estudiantes "lo que no se ve no se concibe". Sin embargo, es una de las premisas básicas para entender el comportamiento de la materia en este nivel microscópico, que es el que se trata de enseñar en los cursos de química del nivel educativo de referencia.

Tabla 4. Modelo estático de la materia

En función de los patrones de respuestas de los estudiantes. Grupos I y II. N = 28

4. Modelo estático de la materia	Frecuencia		C	D	T
	Gpo I DF	Gpo II UAS	DF/ UAS	DF/ UAS	
4.1 Si no se agita:					
4.1.1 No se disuelve, hubiera quedado abajo el azúcar/sal.	9	7	X	-	16
4.1.2 Sólo se disuelve una parte, el resto se sedimenta.	-	4	X	-	4
4.1.3 Se saldría el granito de azúcar del agua y se asentaría.	1	-	X	-	1
4.1.4 Se disuelve toda porque el agua tiene espacios moleculares donde, cuando le echas grandes cantidades de sal se saturan esos espacios y cuando le echas pequeñas cantidades, esos espacios son suficientes para que la sal los ocupe.	-	1	-	X	1
4.1.6 Necesita movimiento (externo) para que se acomoden las moléculas y ya después se quedan así, fijas.	1	-	-	X	1
Total	11	12			23
4.2 Si la disolución se deja en reposo:					
4.2.1 El soluto se precipitará (porque no está totalmente unido al agua).	4	4	X	-	8
4.2.2 El soluto va a empezar a caer por el mismo peso.	2	1	X	-	3
4.2.3 Seguiría diluido porque no le entra ni le sale oxígeno, ni nada y si se destapa también seguiría igual.	1	1	X	-	2
4.2.4 No pasa ninguna reacción, química; no hay separación de los compuestos.	-	2	X	-	2
4.2.5 El azúcar tenderá a asentarse, por inercia.	1	1	X	-	2
Total	8	9			17

I = Grupo 1 (DF); II = Grupo 2 (UAS); C = Continua; D = Discreta; T = Total

3.5.5 Efectos del calor en el movimiento de partículas

Éste es un tema que los estudiantes empiezan a estudiar, formalmente, desde la educación media básica. La temperatura es una propiedad intensiva relacionada directamente con la energía cinética molecular media de las partículas y, en consecuencia, con la agitación de las mismas. El calor no existe, *per se*, sino que sólo se manifiesta cuando dos sistemas se encuentran a diferentes temperaturas hasta lograr el equilibrio.

A medida que la temperatura aumenta, la energía cinética de las moléculas aumenta provocando que éstas se muevan con mayor rapidez hasta que se vence la mayor parte de las fuerzas intermoleculares de atracción y el sólido pasa a líquido o éste a gas. Las fuerzas intermoleculares son las que determinan si un material se encuentra en estado líquido, sólido o gaseoso, así como el valor de su temperatura de ebullición, etcétera.

El mayor movimiento provocado por el aumento en la temperatura, no es suficiente para romper los enlaces que forman a cada molécula de la sustancia, por tanto, ésta existe sin sufrir transformación química en el estado líquido o gaseoso, hasta temperaturas muy altas. Por esta razón decimos que los componentes siguen siendo los mismos y que el cambio es sólo físico. A esto se debe el hecho de que sea relativamente fácil volver a tenerlos como se encontraban antes de ser mezclados.

Para indagar las ideas de los estudiantes, en relación con los efectos del calor en el movimiento de las partículas, se les pidió que predijeran acerca de ¿qué hubiera sucedido si en lugar de agua a la temperatura ambiente se hubiera empleado agua fría/caliente? Se identificaron menos ideas que tratan de dar cuenta de lo que pasa con las partículas en agua fría; el doble de ellas fue para explicar lo que sucede cuando se emplea agua caliente. Ahora bien, en todas, a excepción de una idea, se refirieron a las partículas y moléculas, quizá debido al tipo de tarea que se les propuso, la cual demandaba por sí misma una interpretación de tipo microscópico. También es

importante hacer notar que ninguno de los entrevistados del grupo I pudo responder a esta situación.

La primer idea, muy parecida a la tercera, deja ver que los alumnos relacionan el frío con el proceso de acercamiento de las moléculas, por lo cual, para el agua será más difícil separarlas (asignándole un papel activo al agua y uno pasivo al soluto). En el caso de la segunda y cuarta ideas, se asocia el movimiento a la temperatura del disolvente; la segunda idea lo explica en función de la energía de las moléculas, así, a menor temperatura, las moléculas tienen menor energía y, por tanto, menor movimiento; en cambio, en la cuarta idea se parte de la premisa de que a menor temperatura menor movimiento, pero sin dar alguna argumentación.

En relación con lo que sucede a las partículas cuando el agua se encuentra a mayor temperatura, los mismos dos estudiantes que vincularon la temperatura del disolvente con el movimiento de partículas, al referirse al agua fría, ahora y de manera consecuente, consideran que en agua caliente (a mayor temperatura) las moléculas se mueven más rápido. Llama la atención una de las expresiones que asignan al agua el papel activo en el proceso de disolución, ya que consideran que "al estar las moléculas de agua en movimiento, ellas mismas aplican la energía para separar las moléculas de azúcar." En cambio, la otra idea está orientada al proceso de *integración* de las partículas, proceso que en el caso del agua fría interpretó como *asociación* (ver tabla 5).

Tabla 5. Efectos del calor en el movimiento de partículas
 En función de los patrones de respuestas de los estudiantes. Grupos I y II.
 N = 28

5. Efectos del calor en el movimiento de partículas	Frecuencia		C	D	T
	Gpo I DF	Gpo II UAS	DF/ UAS	DF/ UAS	
5.1 En agua fría					
5.1.1 Las partículas volverían a juntarse y se asientan en el fondo.	-	2	-	X	2
5.1.2 Las moléculas tienen menor energía, menor movimiento.	-	1	-	X	1
3.1.3 El agua está más fría, están más unidas sus moléculas entre sí y va a ser más difícil para el agua separarlas.	-	1	-	X	1
5.1.4 A menor temperatura hay menos movimiento de las moléculas y por lo tanto va a ser más difícil que éstas se asocien entre sí.	-	1	-	X	1
Total	-	5	-		5
5.2 En agua caliente					
5.2.1 Al estar las moléculas de agua en movimiento, ellas mismas aplican la energía para separar las moléculas de azúcar.	-	2	-	X	2
5.2.2 Se mueven las moléculas mucho más rápido y al moverse se integran mejor las partículas.	1	3	-	X	4
5.2.3 No se disuelve el azúcar porque el grado del cristal de la azúcar no puede ya disolverse más y el agua al estar muy caliente está desprendiendo oxígeno o CO ₂ .	1	-	-	X	1
5.2.4 Al calentarse cualquier sustancia, se separan un poco sus moléculas y puede disolver más soluto. Se amplían los espacios moleculares... la temperatura dilata esos espacios donde le dan más cabida a otras moléculas a entrar ahí a disolverse.	1	3	-	X	4
5.2.5 Se disuelve más rápido el azúcar, porque se funde.	1	-	X	-	1
5.2.6 En agua tibia: el azúcar se derrite, se hace como miel, chiclosa.	-	1	X	-	1
Total	4	9			13

CONCLUSIONES

En esta tesis, se ha puesto de manifiesto que los estudiantes de bachillerato y universidad que participaron en ella, si bien introdujeron terminología especializada en sus descripciones y explicaciones; en la mayoría de los casos no cuentan con una base teórica integrada que dé soporte conceptual a las interpretaciones de los fenómenos estudiados (conceptos básicos de química); por lo anterior generalmente recurrieron preferentemente a describir la fenomenología presentada y, cuando se les condujo a la construcción de interpretaciones argumentadas, quienes pudieron hacerlo después de preguntarles lo mismo a través de distintas formas de cuestionamiento, en la mayoría de los casos recurrieron al uso de analogías, en tanto que otros simplemente dieron vuelta a sus respuestas para decir lo mismo, pero sin incorporar elementos teóricos explicativos. En tal dirección, se presentaron respuestas fundamentalmente descriptivas, en las que los estudiantes incorporaron términos científicos, que, en la mayoría de los casos no tienen el significado asignado por la comunidad científica.

Un problema que se visualiza como causa de lo antes dicho es que en las respuestas de los estudiantes no existe una discriminación entre los tres niveles de explicación en química⁴⁶. De ahí que muchos de los participantes con mucha frecuencia utilicen el nivel macroscópico para dar cuenta de los procesos a nivel submicroscópico de la materia, lo cual no es correcto.

En las respuestas de todos los participantes, incluso los de QFB, hay una ausencia de la teoría cinética de las partículas, razón por la cual no pueden explicar muchos de los procesos aquí problematizados.

En general, los estudiantes de Biología, manifestaron un conocimiento más limitado y erróneo que los de bachillerato, como era de esperarse porque en su carrera es escaso el contacto que tienen con esta asignatura y porque los métodos de enseñanza son predominantemente tradicionalistas, es decir, se presta muy poca

⁴⁶ Molar (sustancias puras simples y compuestas, soluciones y mezclas), molecular (fórmulas) y eléctrico (fórmulas electrónicas –configuración electrónica y estructura de Lewis) (Cfr. Jensen, W. (1998). Does chemistry have a logical structure?. *Journal of Chemical Education*, 75 (6), 679-687.

atención a los procesos explicativos y se privilegian los conocimientos declarativos que tienen escaso o nulo significado y aplicación en la comprensión de cualquier fenomenología, por sencilla que parezca.

En cuanto a las respuestas de los alumnos del grupo I, también fueron por lo general, predominantemente descriptivas, con insuficientes recursos conceptuales y un escaso manejo del lenguaje químico.

En relación con las respuestas de los estudiantes del grupo II, tal como se esperaba, emplearon un mayor repertorio conceptual químico, que incorporaron a su lenguaje con más facilidad, si bien no siempre con precisión; aunque sin desprenderse de la parte descriptiva del fenómeno.

Por su parte, los estudiantes de QFB, aunque también cuentan con mayores recursos teóricos, sus deficiencias se hicieron notorias, al igual que en todos los grupos, durante el proceso de explicación del fenómeno de la disolución, en términos microscópicos.

Otra limitación de todos los grupos se vio reflejada en la aplicación conceptual en términos de funcionalidad para dar sentido al fenómeno estudiado, lo que deja entrever una notoria falta de integración conceptual. Aparecen los conceptos en aislado y, el uso de la terminología química, fue empleada en muchos casos, como comodín, sin su aplicación adecuada. Esto deja entrever que existe predominio de una enseñanza fraccionada, con escasa atención a la integración conceptual y, por tanto, carente de significatividad para los estudiantes y, quizá también, para muchos profesores.

Si bien en las respuestas de los estudiantes del grupo II se aprecia un poco más el efecto de la enseñanza de la química en el sentido de que manejan los conceptos básicos indagados con mayor seguridad y propiedad, cuando se entró al nivel de explicación microscópico ambos grupos de estudiantes, incluyendo a los de QFB, tuvieron notorias deficiencias.

En cuanto al modelo de partículas de la materia, las tres bases fundamentales que permiten entender su comportamiento y cambios a nivel de partículas (concepto dinámico de las partículas, la discontinuidad de la materia y el concepto de vacío), al parecer no forman parte del repertorio de sus aprendizajes escolares, en ninguno de los grupos, ni en los que se encuentran estudiando la carrera de QFB de quienes se esperaba su manejo. También en este grupo de estudiantes fue sorprendente su escasez en el empleo del recurso de los modelos para explicar los procesos investigados en esta tesis. Sin estos recursos teóricos, difícilmente podemos esperar que los estudiantes sean capaces de interpretar algún cambio de la materia, sea éste físico o químico; así también explica que las intervenciones de los estudiantes se hayan centrado más en las descripciones de los fenómenos que en la interpretación de los mismos al nivel de partículas y, cuando así lo hicieron, recurrieron a explicaciones macroscópicas para explicar lo microscópico, así como a algunas analogías no del todo apropiadas.

Lo anterior deja entrever la predominancia de un tipo de aprendizaje acumulativo y descontextualizado, con algunos atisbos de comprensión, en el caso del grupo II y estudiantes de QFB. Se refleja una ciencia rígida escolarizada que no llega a concretar una enseñanza que utiliza como recurso las explicaciones de fenómenos familiares a los estudiantes.

Otra apreciación es la dependencia de los estudiantes hacia el conductor (en este caso, el entrevistador), lo cual se tradujo en una escasa autonomía, así como en la exposición de respuestas con poca creatividad. Esto deja ver que su formación escolar es considerablemente dependiente, lo que genera en ellos pocas posibilidades de crecimiento intelectual que vaya más allá del conocimiento escolar y declarativo.

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto la insuficiente práctica experimental en la mayoría de los estudiantes, lo cual se reflejó en la escasez de recursos intelectuales y manuales vinculados a esta área que utilizaron a lo largo de la entrevista.

Los estudiantes, inicialmente son capaces de evocar una definición; sin embargo, ésta no es adecuadamente funcional para comprender y explicar una fenomenología determinada, al nivel de partículas. Al parecer, sus conceptos se encuentran aislados y no parten de una base teórica o nicho conceptual que dé coherencia y sentido a sus observaciones fenomenológicas

Otro de los aspectos que destaca en este trabajo es la dificultad en los estudiantes para comprender el comportamiento de la materia al nivel de las partículas que la constituyen, para asumir que éstas son extraordinariamente pequeñas (submicroscópicas), que se encuentran en permanente movimiento, que existe vacío entre ellas y que, además, tienen una determinada organización estructural diferenciada; aunque su percepción visual (macroscópica) sea opuesta a la de su organización particular (submicroscópica), situación que vuelve muy difícil su enseñanza y aprendizaje y, a la vez, explica la persistencia de las ideas previas a través de los años de escolaridad, la seguridad con que se sostienen y los reducidos efectos que sobre ellas o las maneras de explicar un fenómeno, tiene la enseñanza.

Este repertorio de ideas previas de los estudiantes, aquí documentado, así como los análisis de las mismas y las recomendaciones presentadas pueden ayudar a los profesores y planificadores de la enseñanza de la química a contar con puntos de partida que ofrecen formas de construcción conceptual de estudiantes mexicanos de bachillerato y licenciatura en conceptos básicos de química.

Como ya se mencionó al inicio de esta tesis, en México falta mucho por hacer en este campo de conocimiento y, más aún, en el área de química.

Estos resultados abren nuevas perspectivas así como nuevos problemas cuya solución permitirá contribuir a avanzar en el objetivo de aprendizaje de la química.

Se considera importante continuar esta línea de trabajo, ahora con profesores de esta disciplina escolar de nivel bachillerato, ya que el trabajo sobre el profesor de

bachillerato es aún más escaso. Como se sabe, una de las respuestas que las instituciones han dado frente a la baja calidad y cantidad de los aprendizajes escolares ha consistido en los programas de formación y/o actualización de docentes con los referidos efectos del escaso impacto en los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

Muchas interrogantes son necesarias de ser respondidas; tratando de encontrar qué factores determinan las decisiones que los docentes toman en el salón de clases, en los procesos de enseñanza de la química, entre otras, ¿Cuáles son sus concepciones acerca la naturaleza de la ciencia? ¿Cuáles son sus concepciones de enseñanza y aprendizaje? y ¿Cuáles son sus concepciones acerca de los conceptos químicos básicos? En fin, ¿Cuáles son las concepciones de los profesores de química y qué relación tienen éstas con su quehacer docente?

Numerosas líneas de trabajo son necesarias para tener un conocimiento más completo acerca de los complejos procesos de aprendizaje de la química, en todos los niveles educativos en que los estudiantes tienen contacto con esta área del conocimiento. Entre otras, se sugieren:

- La forma en que el conocimiento químico es presentado en los libros de texto que utilizan los profesores en sus clases escolares, ya que éstos constituyen la principal fuente de consulta, tanto para los profesores, como para los estudiantes.

Que permita conocer la consistencia en el uso del lenguaje químico, la suficiencia explicativa de los conceptos y teorías, así como la coherencia entre el empleo de modelos gráficos y la teoría o concepción que tratan de representar o modelar. Que como se describió al inicio de este trabajo, en varias investigaciones centradas en los libros de texto, se ha puesto de manifiesto lo complejo que es la presentación del conocimiento científico con fines de enseñanza y aprendizaje; en particular, en México no se encontró publicado ningún estudio realizado sobre los libros de texto de química.

- Otro tema de particular importancia es el de las concepciones de los profesores acerca de la naturaleza de la ciencia y la forma en que se desarrollan sus clases escolares. Como también fue mencionado en esta tesis, las concepciones de los profesores acerca de la naturaleza de la ciencia, son de particular importancia en la toma de decisiones acerca de los procesos que se desarrollan en las clases y laboratorios escolares; así como la proposición de estrategias de aprendizaje y los materiales de apoyo didáctico empleados, según se ha presentado en otras investigaciones realizadas en otros países.

**RECOMENDACIONES PARA PROFESORES DE QUÍMICA
NIVEL BACHILLERATO**

Destacan principalmente 15 recomendaciones para la enseñanza, derivadas de los resultados del presente estudio:

- 1) Que los profesores den a sus estudiantes mayores oportunidades de construcción del conocimiento, con un poco más de independencia, a través de tareas escolares donde pongan en juego sus aprendizajes para la resolución de problemas que impliquen retos intelectuales, es decir, que trasciendan el aprendizaje declarativo.
- 2) No quedarse con las respuestas inmediatas, ahondar un poco acerca del significado que los estudiantes atribuyen a la terminología científica con el propósito de asegurarse de que están interpretándola adecuadamente.
- 3) Ser cuidadosos con el uso del lenguaje científico, ya que existen muchos términos que son empleados, tanto en el conocimiento escolar como en el de la vida cotidiana, pero con significados diferentes. En otros casos, los alumnos los introducen en su lenguaje, pero no siempre en el sentido adecuado; por ello los profesores debemos verificar si se están utilizando con el sentido esperado.
- 4) Incorporar en los programas escolares la teoría cinética molecular, diversificar el uso de modelos y recurrir a analogías, cuando se encuentren fructíferas.
- 5) Ampliar en los estudiantes las oportunidades de manipulación de diversos materiales de uso cotidiano y puedan diferenciar en ellos las distintas propiedades físicas de la materia y, algunas químicas.

- 6) Trascender las prácticas de laboratorio reduccionistas, las cuales se realizan a manera de recetas y de comprobación de conocimientos teóricos; y a cambio ofrecer a los estudiantes mayores posibilidades de pensar y resolver situaciones experimentales para diversos problemas. Utilizar los contra ejemplos, así como las predicciones que conllevan a involucrar afectivamente a los estudiantes en los procesos de aprendizaje. También usar los experimentos pensados, los de casa y, en el aula, siempre que no ofrezcan peligro.
- 7) Propiciar condiciones de aplicación funcional de los conceptos básicos de química que trasciendan su memorización.
- 8) Ser más cuidadosos cuando se exponen las teorías químicas, al pasar de un nivel de explicación macroscópico a otro submicroscópico o simbólica, en todo caso, explicarle al estudiante los pasos de un nivel a otro y por qué se recurre a su uso.
- 9) Procurar en lo posible que los estudiantes vayan más allá de las descripciones, introducirlos a un pensamiento más abstracto y considerar, como señala Pozo, *et al.* (10991) en los experimentos no sólo lo que cambia visualmente, sino lo que permanece, al nivel de partículas.
- 10) Incorporar una visión más actual de la naturaleza de la ciencia, más dinámica, con la incorporación de elementos históricos que den sentido al proceso de construcción del conocimiento.
- 11) Tomar en cuenta las ideas previas de los estudiantes durante los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química; instrumentar mecanismos diversos a través de los cuales los alumnos tomen conciencia de sus propias ideas previas, las confronten con las de sus

pares y con los contenidos propiamente químicos para que estén en condiciones de diferenciarlas y establecer un uso racional y funcional de ambas.

- 12) Incorporar a los procesos de enseñanza y aprendizaje, el modelo de partículas, acompañado del uso recurrente de diversos modelos teóricos, así como actividades orientadas a la modelización, que conlleven a una visualización y comprensión de los fenómenos en los tres niveles de explicación de la química: macroscópica, microscópica y simbólica.
- 13) Otro recurso didáctico factible que es posible de ser trabajado en las aulas escolares mexicanas es el de los mapas conceptuales donde se privilegie el establecimiento de relaciones y jerarquías conceptuales, actividad que podría contribuir significativamente a una comprensión más integradora de los conceptos, principios y teorías.
- 14) Brindar mayores oportunidades de carácter experimental, tanto en el aula, como en el laboratorio, donde se privilegien las predicciones y se pongan en juego las ideas previas de los estudiantes, así como sus recursos teóricos que deben acompañar el proceso experimental, además de las habilidades propias derivadas del trabajo de esta naturaleza.
- 15) Cuantas veces sea factible, establecer las relaciones entre la ciencia escolar y el medio en que se desenvuelven los estudiantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, M., Williamson, V. & Westbrook, S. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. Journal of Research in Science Teaching, 31(2), 147-165.

ALBANESE, A. & Vicentini, M. (1997). Why do we believe that an atom is colourless? Reflections about the teaching of the particle model. Science & Education, 6, 251-261.

ANDERSSON, B. (1984). Chemical reactions. En Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (Eds.) (1985). Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia. Madrid: Morata/MEC.

_____ (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). Studies and Science Education, 18, 53-85.

ÁVILA G., G. (1997). La Enseñanza de la Química en el Bachillerato de la UAS. Tesis de maestría. Culiacán, Sinaloa, UAS, DGEP.

AYAS, A. & Demirbas, A. (1997). Turkish secondary students' conceptions of introductory chemistry concepts Journal of Chemical Education, 74, 518-521.

BLANCO, Á. y Prieto, T. (1993). Estudio sobre la comprensión de las disoluciones al final del bachillerato y COU. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra (IV Congreso), 215-216.

_____ (1996). Algunas cuestiones sobre la comprensión de la Química desde la perspectiva de las ideas de los alumnos. Investigación en la Escuela, 28, 69-78.

_____ (1997). Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross-age study (12 to 18). International Journal Science Education, 19 (3), 303-315.

BELTRÁN, F., Assensa, G., Badino, M., Haub, R., Klein, M., López, M., Medeiros, L., Mitta, A., Muñoz, M., Pereyra, M. y Rico, C. (1999). Está Escrito...¡Pero Está Mal! (en Química). Errores Elementales de Química que se Observan con Frecuencia. Argentina: Editorial Magisterio del Río de la Plata.

BENT, H. (1975). En Martín, S., M. (2000). Reflexiones sobre la enseñanza de la química. Educación Química, Segunda época, 11(1), 188-190.

BONFIL O., y Tappan, M. (1993) Los términos científicos: su nacimiento y comportamiento en sociedad. Revista de la Academia de la Investigación Científica, 44 (2), 253-267

BORSESE, A. y Esteban, S. (1998). Los cambios de la materia, ¿deben presentarse diferenciados en químicos y físicos? Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 17, 85-92.

BORSESE, A., Lumbaca, P. y Pentimalli, R. (1996). Investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los estados de agregación y los cambios de estado. Enseñanza de las Ciencias, 14 (1), 15-24.

BRIGGS, H. & Holding, B. (1986). Aspects of secondary students understanding of elementary ideas in chemistry: Full Report. (Centre for Studies in Science and Mathematics Education. The University Leeds. En Hierrezuelo M., J. y Montero M., A. (1988). La Ciencia de los Alumnos. Su Utilización en la Didáctica de la Física y la Química. Barcelona: Laia/Ministerio de Educación y Ciencia.

BOUJAOUDE, S. B. (1992). The relationship between students' learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. Journal of Research in Science Teaching, 29(7), 687-699.

BROOK, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). En Driver, R., *et al.* (eds.) (1985), *loc cit.*

BULLEJOS, J., De Manuel, E. y Furió, C. (1993). Sustancias simples y/o elementos? Usos del término elemento químico en los libros de texto. Enseñanza de las Ciencias, No. Extra, IV Congreso, 217-218.

BYBEE, R. (1990). En Duschl, R. (1990). Renovar la enseñanza de las Ciencias. Importancia de las Teorías y su Desarrollo. (Prólogo) Madrid: Narcea.

CAMPANARIO, J. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como este? Una relación de actividades poco convencionales. Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 19(3), 377-397.

CAAMAÑO, A. (1998). Problemas en el aprendizaje de la terminología científica. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 17, 5-10.

CAMPANARIO, J. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como este? Una relación de actividades poco convencionales. Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 19(3), 377-397.

CARAMAZZA, A., McCloskey, M. y Green, B. (1981), en: Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 4(1), 3-15.

CARBONEL, F. y Furió, C. (1987). Opiniones de los adolescentes respecto al cambio sustancial en las reacciones químicas. Enseñanza de las Ciencias, 5(1), 3-9.

CARVAJAL, E. y Gómez, M. (2002). Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 7(16), 577-602.

CERDÁN, D., Furió, C., Genovés, J., Hernández, J., Martínez, V. y Navarro, R. (1985). Disociación entre la química escolar y la realidad. Enseñanza de las Ciencias, NÚMERO EXTRA, 82.

COLL, C., Martín, E., Mauri, T., Miras, M., Onrubia, J., Solé I. y Zabala, A. (1995). El Constructivismo en el Aula (2a ed.). España: Graó.

COOMBS, P. (1978). La Crisis Mundial de la Educación (4a. ed.). Portugal: Península.

CÓRDOVA, J. L. (1998). Evolución de los conceptos químicos hasta el siglo XIX, en de la Peña, L. (1998). Ciencias de la Materia. Génesis y evolución de sus conceptos fundamentales. México: Siglo XXI editores, UNAM.

DE POSADA, A. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en estado sólido. Enseñanza de las Ciencias, 11(1), 12-19.

DÍAZ B., Á. (1995). Empleadores de Universitarios. Un estudio de sus opiniones. México: CESU-Porrúa.

DOMÍNGUEZ, J., De Pro, A. y García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. Enseñanza de las Ciencias, 16(3), 461-476.

DOMÍNGUEZ, A., Rodríguez, M., Flores, F. y Gallegos, L. (2002). Estudio longitudinal sobre la construcción de conceptos: enlace, solubilidad y conductividad. Educación Química, 13(4), 247-253.

DORAN, R. (1972). Misconceptions of selected science concepts held by elementary school students. Journal of Research in Science Teaching, 9(2), 127-137.

DOW, W., Auld, J., & Wilson, D. (1978). Pupils' concepts of gases, Liquids and Solids, en Driver, R. (1985). Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas, en Driver, *et al.* (1989), *loc cit*, pp. 225-258.

DRIVER, R. (1985). Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas, en Driver, *et al.* (1989), *loc cit*, pp. 225-258.

DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 4(1), 3-15.

DRIVER, R. y Erickson, G. (1982). , en Driver, R. *et al.* (1989), *loc cit*.

DRIVER, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (eds.) (1989). Ideas Científicas en la Infancia y Adolescencia, Madrid: Morata.

DRIVER, R. y Rusell, T. (1982). An investigation of the ideas of heat, temperature and change of state of children aged between 8 and 14 years, en Driver, R. *et al.* (1989), *loc cit*, pp. 225-258.

DRIVER, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood-Robinson, V. (1994). Las ideas de los niños sobre la vida y los sucesos vitales. En Dando Sentido a la Ciencia en Secundaria. Investigaciones sobre las Ideas de los Niños. España: Aprendizaje Visor.

DUIT, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science – from behaviourism towards social constructivism and beyond, en Fraser, B. & Tobin, K. (eds.) (1989). International Handbook of Science Education. London: Kluwer Academic Publishers, pp. 3-25.

DUSCHL, R. (1997). Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las Teorías y su Desarrollo. Madrid: Narcea.

DUSCHL, R. & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. Journal of Research in Science Teaching, 26(6), 467-501.

EBENEZER, J. & Erickson, G. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. Science Education, 80 (2), 181-201.

ENGEL, E. & Driver, R. (1985). Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. *Physics Education*, 20, 176-182.

ERICKSON, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221-230.

_____ (1980). Children's viewpoints of heat: a second look. *Science Education*, 64(3), 323-336.

ERICKSON, G. & Tiberghien, A. (1985). Calor y temperatura, en Driver, R. *et al.* (1989) (pp. 89-136). España: Morata.

EYLON, B. & Linn, M. (1988). En BouJaoude, S. (1992). The relationship between students' learning strategies and the change in their misunderstandings during a high school chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, (29)7, 687-699.

FABDULLA, H., Abdullateef, H. & Abraham, M. (1991). *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (10), 919-938.

FERNÁNDEZ, J., Trigueros, T. y Gordo, L. (1988). Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º. curso del BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 42-46.

FERRO, V., González-J., R. y Cruz, Z. (1995). Una reflexión curricular sobre la estructura de la sustancia en la formación de profesores de química. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 371-377.

FLORES, F. (1999). *Estructura y Procesos de Inferencia en las Ideas Físicas de los Estudiantes: Modelos Semiformalizados sobre Ideas Previas*. Tesis de Doctorado, UNAM, México.

FLORES, F. y Gallegos, L. (1993). Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia. *Perfiles Educativos*, 62, 24-30.

FLORES, F., López, Á., Gallegos, L. y Barojas, J. (2000). Transforming science and learning concepts of physics teachers. *International Journal of Science Education*, 22 (2), 197-208.

FLORES, F., Gallegos, L., López, Á., Sosa, P., Sánchez, M. C., Alvarado, M. E., Bonilla, X., García, A., Reachy, T., Rodríguez, D., Valdez, S. y Valladares, L. (2002).

Transformaciones Conceptuales y Pedagógicas en los Profesores de Ciencias Naturales de Secundaria: Los Efectos de los Cursos Nacionales de Actualización. Reporte de investigación. México: UNAM.

FLORES, F., Tovar, M. G., Gallegos, L., Velásquez, M. E., Valdez, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M. (2000). Representación e Ideas Previas acerca de la Célula en los Estudiantes del Bachillerato (Reporte de Investigación). UNAM, México.

FURIÓ, C., Azcona, R. y Gisasola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. Enseñanza de las Ciencias, 17, (3), 359-376.

FURIÓ, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. Educación Química, 11(3), 300-308.

GABEL, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. En B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 233-248.

GABEL, D. (Ed.) (1994). Handbook of Research on Science Teaching and Learning. USA: A Project of the National Science Teachers Association.

GABEL, D. & Bunce, D. (1994). Research on problem solving: Chemistry. En Gabel, D. (Ed.). Handbook of Research on Science Teaching and Learning. USA: A Project of the National Science Teachers Association.

GALLEGOS, L. (1998) Formación de Conceptos y su Relación con la Enseñanza de la Física. Tesis de Maestría, UNAM, México.

GALLEGOS, L. (2002). Comparación entre la Evolución de los Conceptos Históricos y las Ideas de los Estudiantes: El Modelo de la Estructura de la Materia. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

GALLEGOS, L. y Flores, F. (1995). Estudios sobre el alumno. En Waldegg, G. (Coord.) La investigación educativa en los Ochenta Perspectivas para los Noventa. Procesos de Enseñanza y Aprendizaje II (pp. 48-59). México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa/Fundación para la Cultura del Maestro Mexicano.

GALLEGOS, L. y Flores, F. (2003). Concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia. En López, Á. (Coord.). Saberes Científicos, Humanísticos y Tecnológicos: procesos de enseñanza y

aprendizaje. Tomo I. El campo de la educación en matemática, 1993-2001. Educación en ciencias naturales. La investigación educativa en México, 1992-2002. (pp.457-507), México: COMIE, SEP, CESU.

GALLEGOS, L., Flores, F. y Valdez, S. Transformación de la enseñanza de la ciencia en profesores de secundaria. Efectos de los cursos nacionales de actualización. Enviado para dictaminación a Perfiles Educativos (2003).

GALLEGOS, L., Jerezano, M. y Flores, F. (1994). Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains. Journal of Research in Science Teaching, 31(3), 259-272.

GARCÍA S, J. Ma. (2003). Manifestaciones de la Materia. México: Santillana, Biblioteca Juvenil Ilustrada.

GARDER, R. (1995). Science Experiments to do at home. kitchen Chemistry. USA: Julián Messner.

GARNETT, P., Garnett, P. y Hackling, M. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning. Studies in Science Education, 25, 69-95.

GARRITZ R., A. (1997). La química y los contenidos escolares. En González, J. y León N., A. (Eds.). Contenidos Relevantes de las Ciencias Naturales para la Educación Básica. México: Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano, A. C.

GARRITZ R., A. (2000). Más sobre ideas previas y enseñanza de la química. (Editorial) Educación Química, segunda época, 11[3], 291-292.

GIL P., D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria. Barcelona: Horsori.

GIL P., D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. Enseñanza de las Ciencias, 11(2), 197-210.

GIL, P., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-T., J., Guisasola, J., González, E., Dumas-C., A., Goffard, M. y Pessoa, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? Enseñanza de las Ciencias, 17 (2), 311-320.

GIORDÁN, A. (1993). La Enseñanza de las Ciencias. España: Siglo XXI

GÓMEZ, M. (1992). La estructura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales. Investigación en la Escuela, 18, 23-40.

GÓMEZ, M. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 7, 37-44.

GÓMEZ, M., Pozo, J. y Sanz, A. (1993). La comprensión de la conservación de la materia en problemas de disoluciones. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra (IV Congreso), 237-238.

GÓMEZ, S., Latorre, A. y Sanjosé, V. (1993). El modelo de Ausubel en la didáctica de la física: una aproximación experimental al proceso de E/A de contenidos que presentan constructos poco elaborados por los aprendices. Enseñanza de las Ciencias, 11 (3), 235-246.

GONZÁLEZ, J. y León, A. (Eds.). Contenidos Relevantes de las Ciencias Naturales para la Educación Básica, (pp. 204), México: Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano, A. C.

GRIFFITHS, A. & Preston, K. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. Journal of Research in Science Teaching, 29 (6), 611-628.

GUEVARA, G. (comp.) (1992): La Catástrofe Silenciosa. México: Fondo de Cultura Económica.

H Aidar, A. & Abraham, M. (1991). A comparason of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28(10), 919-938.

Haidar, A. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. Journal of Research in Science Teaching, 34 (2), 181-197.

HARRISON, A. y Treagust, D. (1996). Modelos mentales de átomos y moléculas en estudiantes de bachillerato: implicaciones para la enseñanza de la química. Revista amie 4(5-6), 57-68.(Td. parcial de Silvia Valdez A., de la revista Science Education, con autorización de los autores).

HASHWEH, M. (1986). Towards an explanation of conceptual change. European Journal of Science Education, 3, 383-396. En Hierrezuelo, M. y Montero, A. (1988). La

Ciencia de los Alumnos. Su Utilización en la Didáctica de la Física y la Química. Barcelona: Laia/Ministerio de Educación y Ciencia.

HERRON, J. (1978). Response to "Are chemical terms well defined?" Journal of Chemical Education, 55(6), 393-4.

HIERREZUELO, J. y Montero, A. (1988). La Ciencia de los Alumnos. Su Utilización en la Didáctica de la Física y la Química. Barcelona: Laia/Ministerio de Educación y Ciencia.

HESSE, J. (1992). Students' conceptions of chemical change. International Journal of Science Education, 29 (3), 277-299.

HODSON, D. (1986). Philosophy of science and the science curriculum. Journal of Philosophy of Education, 20(2), 241-251. En Prieto, T., Blanco, Á. y González, F. (2000). La Materia y los Materiales. España: Editorial Síntesis, S. A.

_____ (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, Enseñanza de las Ciencias, 12 (3), 299-313.

_____ (1999). Trabajo de laboratorio como método científico: tres décadas de confusión y distorsión, Revista de Estudios del Curriculum. Didáctica de la Ciencia, 2(2), 52-83.

HOLDING, B. (1987). Investigation of children's understanding of the process of dissolving with special reference to the conservation of mass and the development of atomistic ideas, en Driver, R. *et al.* (1994), *Loc cit.*

IGLESIAS, A., Oliva, J. y Rosado, L. (1990). Las interacciones entre estudiantes en el trabajo en grupos y la construcción del modelo corpuscular de la materia y el principio de conservación de masa. Investigación en la Escuela, 12, 57-66.

JENSEN, W. (1998). Does chemistry have a logical structure?. Journal of Chemical Education, 75 (6), 679-687.

JIMÉNEZ, E., Solano, I. y Marín, N. (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 12 (2), 235-245.

JIMÉNEZ, J. y Perales, F. (2001). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 1(2), 15 pp.

JONES, B. & Lynch, P. (1989). Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. International Journal of Science Education, 11 (Special issue), 417-427.

JOHNSON, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: boiling water and the particle theory. International Journal of Science Education, 20 (5), 567-583.

JOHNSON, P. (1998b). Progression in children's understanding of a basic particle theory: a longitudinal study. International Journal of Science Education, 20(4), 393-412, en Gallegos, L. (2002), loc cit.:109.

KESIDOU, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics. An interpretive study. Journal of Research in Science Teaching, 30(1), 85-106.

KEENAN, Ch., Kleinfelter, D. y Wood, J. (1985). Fundamentos de la química descriptiva. En Química General Universitaria (3a. ed.) México: CECOSA.

LANDAU, L. y Lastres, L. (1996). Cambios químicos y conservación de la masa. Enseñanza de las Ciencias, 14 (2), 171-174.

LEDERMAN, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of the science: a review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 29, 331-359.

LEDERMAN, N., McComas, W. & Matthews, M. (1998). EDITORIAL. Science & Education, 7, 507-508.

LEE, O., Eichinger, D., Anderson, Ch., Berkheimer, G. & Blakeslee, T. (1993). Changing middle School Students' conceptions of matter and molecules. Journal of Research in Science Teaching, 30 (3), 249-270.

LEMKE, J. (1997). Aprender a Hablar Ciencia. Lenguaje Aprendizaje y Valores. España: Paidós.

LEÓN, A. (Coord.) (1995). Educación en ciencias naturales. En Waldegg, G. (Coord.) La investigación Educativa en los Ochenta Perspectivas para los Noventa. Procesos de Enseñanza y Aprendizaje II (pp.35-88). México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa/Fundación para la Cultura del Maestro Mexicano.

- LOESCHININ, L. (1995). Simple Chemistry Experiments with Everyday Materials. USA: Sterling publishing Co., inc.
- LONGDEN, K., Black, P. & Solomon, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. International Journal of Science Education, 13 (1), 59-68.
- LOUGH, M. (1995). En F. Finley, D. Alichin, D. Rhees & Fitfield (eds.). The Proceedings of the Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference: Vol. II. Minneapolis: University of Minnesota Press, 201-211, en McComas, W. *et al.* (1998), *loc cit.*
- LLORENS, J. (1991). Comenzando a Aprender Química. Ideas para el Diseño Curricular. España: Aprendizaje Visor.
- LLORENS, J., De Jaime, Ma. y Llopis, R. (1989). La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 7(2), 111-119.
- MACÍAS, A., Castro, J. y Maturano, C. (1999). Estudio de algunas variables que afectan la comprensión de textos de física. Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 17, 3, 431-440.
- MARTÍN, M. (2000). Reflexiones sobre la enseñanza de la química. Educación Química, Segunda época, 11(1), 188-190.
- MATTHEWS, M. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la metodología constructivista. Enseñanza de las Ciencias, 12(1), 79-88.
- McCOMAS, W., Clough, M. & Almazroa, H. (1998). The nature of science in science education: an introduction. Science & Education, 7, 511-532.
- MEYLING, H. (1997). How to change students' conception of the epistemology of science. Science & Education, 6, 397-416.
- MITCHELL, A. & Kelington, S. (1982). Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in the Scottish Integrated Science course. European Journal of Science Education, 4(4), 429-440.
- NAKHLEH, M. (1992). Why some students don't learn Chemistry? Journal of Chemical Education, 69(3), 191-196.
- NOVA, J. (s/f). Química Física Aplicada. Manuales Universitarios de Bolsillo, Serie de química y física. España: J. M. Bosch editor.

NOVAK, J. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. Enseñanza de las Ciencias, 6(3), 213-223.

NOVICK, J. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particle nature of matter: an interview study. Science Education, 62(2), 187-196.

OÑORBE, A. y Sánchez, J. M. (1992). La masa no se crea ni se destruye. ¿Estáis seguros?. Enseñanza de las Ciencias, 10(2), 165-171.

OSBORNE, R. & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. Journal of Research in Science Teaching, 20 (9), 825-838.

OSBORNE, R. y Freyberg, P. (1995). El Aprendizaje de las Ciencias (2ª. ed.). Madrid: Narcea.

ÖSTMAN, L. (1999). Discursos, significados discursivos y socialización en la enseñanza de la química. Revista de Estudios del Currículum, 2(2), pp. 23-51.

PEECK, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. Learning and Instruction, 3, 227-238.

PFUNDT, H. & Duit, R. (1998). Bibliography: students' alternative frameworks and science education. Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel (versión agosto, 1998; distribuida electrónicamente).

POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. Science Education, 77(3), 261-278.

POSNER, G., Strike, K., Hewson, P. y Gertzog, W. (1995). En Porlán, R., García, J. y Cañal, P. (Comps.). Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias (pp. 89-112), Sevilla: Diada.

POZO, J. (1989). Teorías Cognitivas del Aprendizaje, Madrid: Morata.

POZO, J., Gómez, M., Limón, M. y Sanz, A. (1991). Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre Química, Madrid: C.I.D.E.

PRIETO, T., Blanco, A. & Rodríguez, A. (1989a). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. International Journal of Science Education, 11 (4), 451-463.

_____ (1989b). Explicaciones de los alumnos de la 2ª etapa de EGB sobre el concepto de reversibilidad del proceso de disolución. Investigación en la Escuela, 7, 79-90.

PRIETO, T., Blanco, Á. y González, F. (2000). La Materia y los Materiales. España: Síntesis/Educación-Didáctica de las Ciencias Experimentales.

REIF, F. (1985). Acquiring an effective understanding of scientific concepts. In West, L. & Pines, A. (Eds.). Cognitive Structure and Conceptual Change (pp. 133-151). Orlando, Florida: Academic Press.

RODRÍGUEZ, M. & Niaz, M. (2002). How in spite of the rhetoric, history of chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. Science & Education, 11, 423-441.

RUSSELL, T., Wynne, H. & Dot, W. (1989). Children's ideas about evaporation. International Journal of Science Education, 11, special issue, 566-576.

RYAN, A. & Aikenhead, G. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. Science Education, 76, 559-580.

SÁNCHEZ, G., De Pro, A. y Valcárcel, M. (1997). La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. Enseñanza de las Ciencias, 15 (1), 35-50.

SANZ, A., Gómez, M., y Pozo J. (1993). Influencia de la instrucción en la utilización del modelo de partículas. Enseñanza de las Ciencias, No. Extra (IV Congreso), 281-282.

SCHIEFELBEIN, E., Braslavsky, C., Gatti, B. y Farrés, P. (1994). Las características de la profesión maestro y la calidad de la educación en América Latina. Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe, boletín 34, Santiago, Chile.

SLONE, M. & Bokhurst, F. (1992). Children's understanding of sugar water solutions. International Journal of Science Education, 14(2), 221-235.

SOLSONA, N. (1995). La importancia de los ejemplos en la química escolar, en Catalá, M., Cubero, R., Díaz, J., Feu, M., García, E., García, J., Jiménez, M., Pedrinaci, E., Pujol, R., Sanmartí, N., Sequeiros, L., Solsona, N. Vilá, N., Vilches, A. y Zabala, A. (2002). Las ciencias en la Escuela. Teorías y Prácticas. Pp. 113-124.

SOSA, P. (1999). De palabras, de conceptos y de orden. Educación Química, 10 (1), 57-60.

STAVRIDOU, H. & Solomonidou, Ch. (1989). Physical phenomena-chemical phenomena: do pupils make the distinction? International Journal of Science Education, 11 (1), 83-92.

STAVY, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. International Journal of Science Education, 12 (5), 501-512.

STAVY, R. (1995). Development of basic ideas in Chemistry. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.). Learning Science in the Schools. Research Reforming Practice (131-154). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Mahwah.

SONGER & Linn (1991). En McComas, W. F., Almazroa, H. & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: an introduction. Science & Education, 7, 511-532.

STRIKE, K. & Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. En West, L. & Pines, A. (Eds.). Cognitive Structures and Conceptual Change (pp. 211-232). Orlando, Florida: Academic Press.

STRÖMDAHL, H., Tullberg, A. & Lybeck, L. (1994). The qualitatively different conceptions of 1 mol. International Journal of Science Education, 16(1), 17-26.

STUCKE, A. & Gannaway, S. (1996). New literature suggests that we don't have to teach everything in the textbook. Journal of Chemical Education, 73(8), 773-775.

TAMIR, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. En Fraser, B. & Tobin, K. (Eds.). International Handbook of Science Education. Part two. London: Kluwer Academic Publishers, 761-790.

TIRADO, F. (1986). La baja calidad de la educación básica en México, en Ciencia y Tecnología, 71, año XII, 81-94.

TREAGUST, D. (2000). In search of explanatory frameworks: an analysis of Richard Feynman's lecture '*Atoms in motion*'. International Journal of Science Education, 22(11), 1157-1170.

TREAGUST, D., Duit, R. & Nieswandt, M. (2000). Sources of students' difficulties in learning chemistry. Educación Química, 11(12), 228-235.

TULLBERG, A., Strömdahl, H. & Lybeck, L. (1994). Students' conceptions of 1 mol and educators' conceptions of how they teach 'the mole'. International Journal of Science Education, 16(2), 145-156.

VALANIDES, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. Chemical Education: Research and Practice in Europe, 1(2), 249-262.

VALDEZ, S., Flores, F., Gallegos, L. y Hernández, Ma. T. (1998). Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones. Educación Química, 9 (3), 155-162.

WALDEGG, G. (Coord.) (1995). La investigación educativa en los Ochenta Perspectivas para los Noventa. Procesos de Enseñanza y Aprendizaje II. México: Consejo Mexicano de Investigación Educativa/Fundación para la Cultura del Maestro Mexicano.

WHITE, R. (1996). The link between the laboratory and learning. International Journal of Science Education, 18(7), 761-774.

WILSON, J. (1999). Using words about thinking: content analyses of chemistry teacher' classroom talk. International Journal of Science Education, 21(10), 1067-1084.

Documentos Citados

Centro de Ciencias de Sinaloa (1998). Ciento un Experimentos, Culiacán, Sin.: CCS, UAS, CB, CEBTIS.

Dirección General de Escuelas Preparatorias (1994). Curriculum del Bachillerato de la UAS. Proyecto de Reforma, Culiacán, Sinaloa: DGEP, UAS.

DUIT, R. (2003). Notas de seminario. UPN-SEP, México, D. F.

FLORES C., F. (2000). Ideas previas: Características y función. Notas del Proyecto: Preconceptos Científicos en los Estudiantes. Análisis de las Ideas Previas.

WIDODO, A., Duit, R. & Müller, C. (2003). Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behaviour. Kiel, Germany: Institute

for Science Education at the University of Kiel (versión agosto, 1998; distribuida electrónicamente), 18 pp.

ANEXOS

Anexo 1

Conceptos químicos que explican conceptualmente el proceso de las disoluciones agua/azúcar; agua/cloruro de sodio¹

Mezclas

La mayoría de los materiales que nos rodean son **mezclas**. Muchas **mezclas** forman parte de nuestra vida diaria. Algunas son **disoluciones** como la limonada, o el agua de mar, otras son **sistemas coloidales** como la leche o la gelatina, y otras más son **suspensiones**, como la atmósfera polvorienta. En una mezcla homogénea (o aparentemente homogénea), por lo general existe una sustancia que se presenta en mayor cantidad y otra en menor proporción, la cual se encuentra dispersa en la primera. Así, hablamos de una **fase dispersora** y una **fase dispersa**, respectivamente. Se acostumbra clasificar a las dispersiones en: *disoluciones*, *coloides* y *suspensiones*, en función del tamaño de las partículas de la fase dispersa (Garriz, A. y Chamizo, J. A., 1994).

Al contrario de los compuestos puros, la proporción de los componentes de una mezcla puede variar arbitrariamente. Así, por ejemplo, cuando disolvemos cloruro de sodio en agua, obtenemos una mezcla y su composición depende de la cantidad de cloruro de sodio disuelto en el agua. Las mezclas están formadas por dos o más sustancias, elementos o compuestos, en proporciones que pueden ser variables y se encuentran unidos sólo en forma aparente; sus propiedades son variables y cada sustancia conserva sus propiedades físicas y químicas, ya que no hay cambio o reacción química entre ellos. Por esta razón, una mezcla es un material cuyos componentes pueden ser separados por medios físicos.

¹ Tomado de los textos universitarios que aparecen en las referencias bibliográficas al finalizar este apartado.

Las mezclas son clasificadas en dos tipos: heterogéneas y homogéneas.

Mezclas heterogéneas

Las mezclas heterogéneas son materia compuesta de diversas fases, cuyas propiedades locales varían en diferentes puntos de la muestra; tienen propiedades no uniformes en la muestra, es decir, se caracterizan por tener distintas partes físicas con diferentes propiedades (cada una); por ejemplo, el azúcar y la sal, al juntarlas y agitarlas conforman una mezcla heterogénea. Si se observa con cuidado, se ve la separación de los cristales de azúcar y de la sal. El agua con arena también forman una mezcla heterogénea, donde la composición y propiedades físicas varían en las distintas partes de la mezcla; el granito, la espuma, el lodo, la emulsión de aceite y el agua, son también muestras de mezclas heterogéneas. Usualmente, los componentes de las mezclas heterogéneas pueden ser fácilmente distinguibles, pero en ocasiones no es así, como es el caso de la mezcla heterogénea de azúcar y sal.

Mezclas homogéneas o soluciones o disoluciones

Hay varias razones prácticas por las que hay que preparar disoluciones. Por ejemplo, la mayoría de las reacciones químicas se realizan en solución. También, las soluciones tienen propiedades particulares que son útiles, por ejemplo, cuando el oro se usa en joyería, es mezclado con una pequeña cantidad de plata; esta mezcla de oro y plata no sólo es más dura que el oro puro, sino que juntos funden a menores temperaturas y es más fácil de moldear.

Otra propiedad útil de las soluciones es su reducción de los puntos de fusión o de congelación comparado con el del disolvente. Por ejemplo, en el caso de la mezcla de oro (disolvente) y una pequeña cantidad de plata (solute), disminuye el punto de fusión. (Ver más adelante propiedades coligativas de las disoluciones).

Cuando en una mezcla homogénea las partículas de la fase dispersa tienen el tamaño de átomos o moléculas, se trata de una mezcla homogénea o disolución. Una solución de sal en agua, por ejemplo, es una **mezcla íntima** (iones distribuidos al azar entre las moléculas del agua) y homogénea entre estas dos sustancias. Son homogéneas porque su composición y propiedades son uniformes en todas las partes que constituyen la disolución, en tal sentido, cualquier parte de la solución tiene la misma distribución de componentes.

De acuerdo con su estado de agregación, las disoluciones pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas. En tal sentido, de los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso, es posible obtener nueve tipos de soluciones correspondientes a las combinaciones posibles entre ellos.

Las mezclas homogéneas están formadas por dos o más componentes cuyas proporciones pueden variar y son tan uniformes que no es posible diferenciar sus componentes, ya que todas las moléculas están homogéneamente distribuidas; se trata de una sola fase. Por ejemplo, la solución de azúcar en agua es uniformemente dulce en todas sus partes, pero el dulce de otra solución azucarada puede ser bastante diferente. Cabe precisar que el soluto, una vez disuelto, permanece distribuido uniformemente en toda la solución y no se asienta con el transcurso del tiempo ya que las partículas están en permanente movimiento azaroso, aunque no lo podamos ver. Este movimiento de las moléculas y/o iones es lo suficientemente enérgico para evitar que las partículas del soluto se asienten por influencia de la gravedad.

Ordinariamente, el aire es una mezcla homogénea de varios gases, principalmente de los elementos oxígeno y nitrógeno, y en menor proporción, otros gases. El agua salada es una solución de los compuestos: agua, cloruro de sodio (sal) y una proporción más reducida de otros.

Muchas propiedades de las disoluciones dependen, además, del tipo de sustancias de que se trate, de su concentración; son ejemplos: la viscosidad, el sabor, el color, la conductividad eléctrica (cuanto mayor sea la cantidad de iones presentes en la disolución, mayor será la conductividad).

Los términos solución y disolución se usan indistintamente, pero generalmente la **disolución** se refiere al fenómeno de disolverse y *solución* es la sustancia resultante de dicho cambio. La solución se compone de dos fases que se designan comúnmente como a) *fase dispersora, disolvente o solvente* y b) *fase dispersa o soluto*. El(os) soluto(s) es(on) la(s) sustancia(s) que se encuentra(n) en menor cantidad que el solvente. Una *solución concentrada* tiene mayor cantidad de soluto(s) disuelto(s); la concentración es la medida de la cantidad de soluto presente en una cantidad dada de solvente.

Antes de pasar al siguiente apartado es pertinente hacer una precisión relacionada con las generalizaciones, mismas que pueden inducir errores de interpretación, en este caso se trata de llamar con el mismo nombre a las mezclas homogéneas, disoluciones y soluciones, cuando la distinción entre éstas y cualquier otro tipo de mezclas, llámense coloide o suspensión, por ejemplo, es precisamente el tamaño de las partículas del soluto. En el caso de las mezclas homogéneas sólidas, por ejemplo, el tamaño de las partículas de sus componentes es macroscópico, no así, en las mezclas homogéneas sólido/líquido o líquido/líquido.

Una visión molecular del proceso de disolución

En una disolución, las moléculas de soluto ocupan un lugar y comparten el espacio con las del líquido disolvente. Además, se generan interacciones entre ambos tipos de moléculas, generalmente de tipo atractivo. De esta manera, la presión de vapor de una disolución resulta menor que la del disolvente puro.

Es importante destacar que no todas las sustancias pueden formar soluciones al ser mezcladas. El proceso consiste en que primero las moléculas del solvente se separan entre sí para dar espacio a las moléculas del soluto. Esto implica energía resultante de las fuerzas de atracción entre las moléculas del solvente. Segundo, las moléculas del soluto deben ser también separadas entre ellas. Este paso al igual que el primero, requiere de energía y debe ser endotérmica. Finalmente, podemos imaginar la separación de las moléculas del solvente y del soluto que dan como producto la solución con desprendimiento de energía. Como se muestra a continuación:

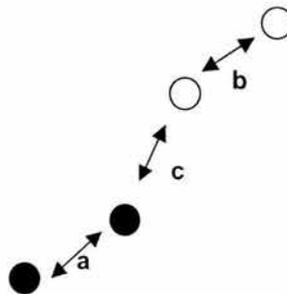


Fig.1 Representación de las tres fuerzas intermoleculares en una solución formada por un soluto y un solvente. (Tomado de Ebbing, 1997)

Las fuerzas de atracción intermoleculares aquí representadas son entre (Ebbing, 1996):

1. Las moléculas del solvente: **a** ● ↔ ●
2. Las moléculas del soluto: **b** ○ ↔ ○
3. Las moléculas del soluto y el solvente: **c** ● ↔ ○

Factores que determinan la solubilidad

¿Por qué se disuelven las sustancias?

Hay una tendencia natural de las sustancias a mezclarse; esto puede explicarse como la tendencia natural al desorden. En general, las sustancias tienen una solubilidad limitada en otra y uno de los factores que la limitan es el de las fuerzas relativas de atracción entre especies (moléculas o iones), así, la tendencia a la solubilidad depende de un equilibrio entre la tendencia natural para las especies del soluto y del disolvente a mezclarse y de la tendencia en un sistema para conservar la menor energía posible.

La solubilidad de una sustancia se define como su concentración en una solución en la que el soluto puro y el soluto disuelto están en equilibrio a una temperatura dada. Cuando se forma una disolución, átomos, iones o moléculas de una clase se mezclan con los átomos, iones o moléculas distintos. Es preciso vencer las atracciones entre las moléculas del disolvente, y también las fuerzas que mantienen unidas las partículas del soluto. Ambos procesos incrementan la energía potencial de las partículas. Cuando se mezclan las partículas del soluto y el disolvente, se libera energía porque las partículas de ambos se atraen mutuamente. Si estas nuevas fuerzas soluto-disolvente no son lo bastante intensas como para vencer las atracciones soluto-soluto o disolvente-disolvente, podría no haber disolución (Moore, *et al.*) (2000).

Es difícil predecir la solubilidad de las sustancias, pues son varios los factores que determinan el hecho de que una sustancia pueda o no disolverse en otra, pero son dos los principales, de acuerdo con Chang, R. (1999) y Hill, J. & Kolb, D. (1999):

- a) Uno de ellos es la *tendencia natural de cualquier sistema a lograr un máximo de desorden*, reflejado en la tendencia de las sustancias para mezclarse, por ejemplo, la tinta en el agua cuando se juntan. Cualquier cambio espontáneo es de un estado más ordenado a uno menos ordenado. Los procesos naturales tienden hacia una mayor entropía (aleatoriedad de un sistema) -segunda ley de la termodinámica-.
- b) El otro factor, es la *resistencia de las fuerzas de atracción entre las especies (moléculas e iones) del soluto y del disolvente* que resulta en la formación de partículas solvatadas². Esas fuerzas, por ejemplo, pueden favorecer o no, que se mezclen el soluto y el solvente.

El balance entre esos dos factores determina la solubilidad del soluto. Entre los químicos es muy recurrente la frase "similar disuelve a similar", donde similar se refiere a cosas que se mantienen unidas por tipos similares de fuerzas intermoleculares. Por ejemplo, en los alcoholes, a medida que crece la cadena de hidrocarburo unida al grupo -OH, el alcohol se vuelve más distinto del agua, y más parecido a un hidrocarburo. La parte molar de una molécula, como la parte -OH de una molécula de alcohol recibe el calificativo de *hidrofílica*, lo que significa que "ama el agua". En tal sentido, cualquier parte polar de una molécula de soluto es hidrofílica y, por el contrario, la parte no polar de una molécula, como la parte del hidrocarburo de una molécula de alcohol, es *hidrofóbica*, lo que significa que "teme al agua". En tal sentido, al aumentar la cadena de hidrocarburos de la molécula de alcohol, ésta se vuelve más hidrofóbica que hidrofílica, por lo que su solubilidad en el agua se reduce mucho.

² La solvatación es la interacción de las moléculas del disolvente con las partículas del soluto para formar agregados. Cuando el disolvente es agua, el proceso recibe el nombre de *hidratación*. También se dice que la solvatación es el proceso mediante el cual un ion o una molécula es rodeado por moléculas del disolvente, distribuidas de una forma específica (Chang, R., 1999).

De acuerdo con Ebbing (1997:494), la solubilidad de un soluto en un disolvente depende de un equilibrio entre la tendencia natural para las especies del soluto y del disolvente a mezclarse y de la tendencia de un sistema para conservar la menor energía posible.

Ahora bien, para Moore, J., Kotz, J., Staniski, C., Joesten, M. y Wood, J. (2000:714), son las fuerzas entre las partículas las que a menudo determinan qué tanto de una sustancia se disuelve en otra, es decir, su solubilidad. En tal sentido, las sustancias que son similares en sus fuerzas intermoleculares casi siempre se disuelven con facilidad; en cambio, las sustancias cuyas fuerzas intermoleculares son muy diferentes de las del disolvente no se disuelven fácilmente en él.

En términos generales, se puede decir que los compuestos iónicos o covalentes polares tienen fuerte tendencia a disolverse en los disolventes polares y los compuestos no polares tienden a disolverse en disolventes no polares. Las sustancias se disuelven en otras sustancias semejantes.

Frente a tal definición concluyente, Sosa, P. (op cit:60) afirma que "... las propiedades de la sustancia dependen, más bien, de si la estructura es molecular o reticular y no del supuesto "tipo de enlace". En tal sentido, en el caso del cloruro de sodio, que es una sustancia reticular,

"... la energía que se necesita para deshacer la red es sumamente grande. Parte porque las fuerzas de atracción al interior de la red son de gran magnitud, parte porque las partículas mínimas [iones Na^+ y Cl^-] son inestables... [y] cuando algún factor ayuda a estabilizar a las posibles partículas mínimas, es más fácil deshacer a las partículas mínimas, es más fácil deshacer la red cristalina. El agua es capaz de estabilizar a los iones Na^+ y Cl^- del cloruro de sodio. Por eso las sustancias iónicas se disuelven en agua.

Al mismo tiempo, el agua no es capaz de estabilizar a los radicales libres Au y :C:. Por eso, ni el oro ni el diamante se disuelven en agua."

Propiedades coligativas de las disoluciones

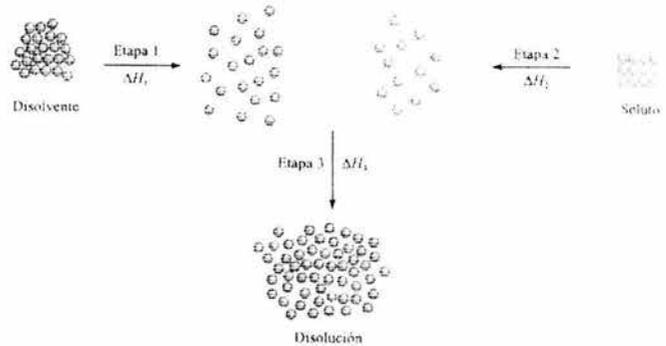
La disminución de la presión del vapor de las disoluciones explica por qué éstas hierven a mayor temperatura y por qué es necesario enfriarlas más para que se solidifiquen. Una disolución de azúcar en agua hierve a mayor temperatura que el agua pura, pues las moléculas de azúcar no contribuyen a la presión de vapor. El efecto de la disminución en el punto de congelación se aprovecha frecuentemente en los países fríos: por eso sus habitantes agregan un soluto no volátil a los radiadores de los coches o dispersan sal en la acera helada para evitar el congelamiento.

¿Cómo funciona el agua en el proceso de disolución?

El agua es el más importante de todos los disolventes; es muy buen disolvente porque su molécula es pequeña, lo que permite a muchas moléculas de agua interactuar con una sola partícula de soluto; otra importante característica es que es polar, lo que permite a sus moléculas interactuar con los iones y con las moléculas que contienen grupos polares; por otra parte, las moléculas de agua pueden formar puentes de hidrógeno con muchos solutos.

Cuando una sustancia se disuelve en agua, las moléculas o iones del soluto quedan rodeadas por grupos de moléculas de agua, en un proceso llamado hidratación. El agua disuelve porque separa las partículas cargadas de los electrolitos, es decir, funciona como un dieléctrico, disminuye la atracción entre las partículas al interponerse entre ellas. Hay otros fenómenos, además del poder dieléctrico del agua, que permiten que una sustancia se disuelva en ella.

Fig. 2. El proceso de disolución.
Las partículas, están representadas en este modelo.



¿Por qué se disuelve la sal (cloruro de sodio) en el agua?

La disolución de cloruro de sodio en agua

Cuando un cristal de una sustancia iónica como el cloruro de sodio, NaCl, se introduce en agua, las moléculas polares del agua se autoorientan con respecto a la superficie del cristal (ver figura 3); las moléculas de agua rodean el cristal. La fuerza de atracción entre las moléculas de agua y los iones superficiales es lo suficientemente fuerte como para causar que los iones abandonen sus posiciones fijas en el cristal y que se muevan a posiciones situadas entre las moléculas de agua, tal como se muestra en la figura. Se dice entonces, que ambos iones están solvatados.

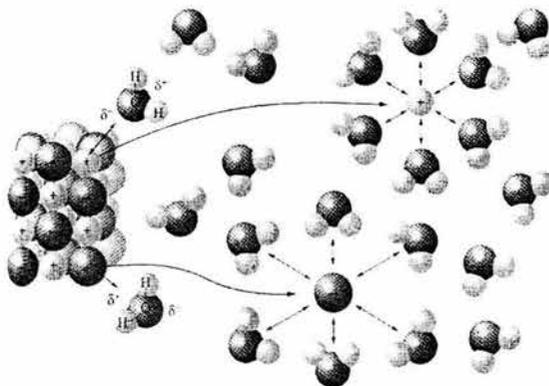


Fig.3 un cristal iónico disolviéndose en agua.

La agrupación de dipolos de agua alrededor de la superficie de los cristales iónicos y la formación de iones hidratados en solución, son los factores claves en los procesos de disolución. (tomado de Petrucci,

y Harwood, 1997:475).

En síntesis, cuando se disuelve un sólido iónico en el agua, los iones que lo forman se liberan en la solución, donde son atraídos a las moléculas polares del solvente; esto sucede si la energía cedida cuando interaccionan los iones y las moléculas del agua, compensa, en forma parcial, la energía necesaria para romper los enlaces iónicos en el sólido, y la energía requerida para separar las moléculas de agua de modo que los iones puedan pasar a la solución.

Los estudiantes confunden con mucha frecuencia el proceso de disolución con el de fusión, como se muestra en la segunda parte de este capítulo. Cabe precisar que una diferencia fundamental es que en el proceso de fusión se aplica energía suficiente (en forma de calor) para desintegrar el cristal.

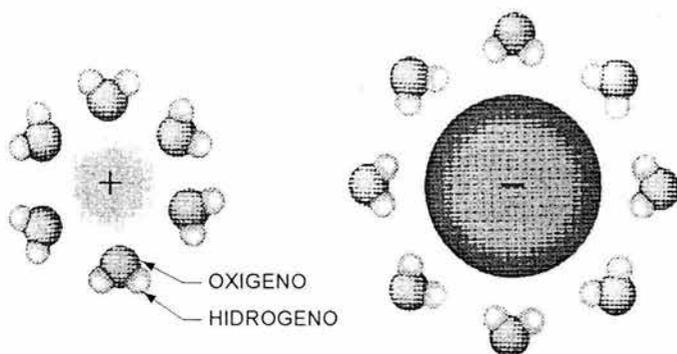
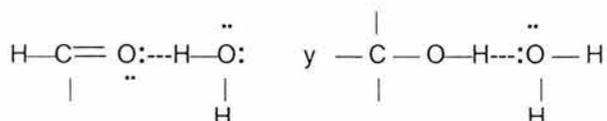


Fig.4 La interacción de las moléculas polares de agua con los iones sodio y cloruro. (Tomado de Hill y Kolb, 1999: 133).

La disolución de azúcar de glucosa en agua

El azúcar se disuelve en agua ya que las moléculas muy polares de sacarosa forman fuerzas intermoleculares de puente de hidrógeno con las moléculas de agua, que son polares. Las fuerzas intermoleculares que se forman entre el soluto y el

solvente contribuyen a compensar la energía necesaria para romper las estructuras del soluto y del solvente (Spencer, J. N., *et al.*, 2000). Cuando se introduce un cristal de azúcar en agua, las moléculas del agua se auto orientan sobre la superficie de la molécula de azúcar, de tal manera que las partes positivas o negativas de las moléculas de agua se dirigen hacia las partes de carga opuestas de la molécula del soluto. La molécula de azúcar abandona la superficie del cristal y pasa a la solución como molécula solvatada. En este caso, las moléculas de agua están unidas a las de azúcar por medio de enlaces de hidrógeno:



(Tomado de Keenan-Kleinfelter-Wood, 1985:322)

Es muy probable que no exista ninguna sustancia que sea completamente insoluble en un determinado disolvente, pero para propósitos prácticos, se dice que muchos lo son, sobre todo cuando sólo se puede disolver menos de 0.1 g de soluto en 1000 g de disolvente. Por ejemplo, los sólidos que se mantienen unidos con enlaces de gran magnitud son prácticamente insolubles en cualquier líquido común; por ejemplo, las rocas y los minerales de silicatos, los plásticos formados por moléculas gigantes. Los metales son otro ejemplo: sólo tienden a disolverse en otros metales.

Cuando los líquidos son mutuamente insolubles se dice que son inmiscibles. Por ejemplo en la mezcla de agua y aceite, las moléculas de agua se atraen tanto entre sí debido a los enlaces hidrógeno, que las moléculas no polares como las de los aceites, son rechazadas completamente. Por esta razón forman capas separadas, donde el aceite flota sobre el agua debido a su menor densidad.

Los efectos de la temperatura y la presión en la solubilidad

En general, la solubilidad de una sustancia varía con la temperatura y posible presión. La solubilidad es el equilibrio entre la cantidad de una sustancia que se disuelve en otra. La variación de solubilidad con la presión puede ser una propiedad útil; por ejemplo, el gas acetileno (C_2H_2) es usado como un combustible en soldaduras de linternas. Y puede ser transportado con seguridad bajo presión en cilindros como solución en acetona (CH_3COCH_3). La acetona es un líquido, y en una atmósfera de presión un litro de este líquido disuelve 27 g de acetileno. Pero en 12 atmósferas de presión, en un cilindro lleno, la misma cantidad de acetona disuelve 320 g de acetileno, así puede ser transportada una mayor cantidad. Cuando la válvula de un cilindro es abierta y la presión es reducida, el gas acetileno sale de la solución.

Generalmente las solubilidades de las sustancias varían con la temperatura, a excepción de la mayoría de los gases, los cuales son menos solubles cuando aumenta su temperatura. Es importante destacar que las primeras burbujas que se forman cuando el agua es calentada, no son vapor de agua, sino de aire que es puesto en libertad pues el incremento de temperatura reduce la solubilidad de aire en el agua. El comportamiento usual para los sólidos iónicos es su incremento de solubilidad en agua con la elevación de la temperatura. Tienen comportamiento opuesto a esta regla, algunos compuestos iónicos como: sulfato de calcio, $CaSO_4$ e hidróxido de calcio, $Ca(OH)_2$.

El calor puede ser absorbido o liberado cuando las sustancias iónicas son disueltas en agua. En algunos casos, este calor de solución es completamente notable. Por ejemplo, cuando el hidróxido de sodio, $NaOH$, es disuelto en agua, la solución se vuelve caliente (el proceso de solución es exotérmico). Por otra parte, cuando el nitrato de amonio, NH_4NO_3 , es disuelto en agua, la solución se vuelve muy fría (el proceso de disolución es endotérmico); el efecto frío de esta disolución es la

base para los envases fríos que se usan en los hospitales y otros lugares, consistentes en una bolsa conteniendo cristales de nitrato de amonio en agua; cuando el interior de la bolsa es roto, el nitrato de amonio se disuelve en el agua. El calor es absorbido y así la bolsa se siente fría.

El cambio de presión, en general, tiene menos efecto en la solubilidad de un líquido o un sólido en el agua. Por otra parte, la solubilidad de un gas es mucho más afectada por la presión. El efecto cualitativo de un cambio en la presión en la solubilidad de un gas puede predecirse por el principio de *LeChatelier*. Éste consiste en que cuando un sistema en equilibrio físico o químico es alterado por un cambio de alguna condición, ocurre un cambio físico o químico.

Separación de mezclas

Cabe precisar que dado que como los componentes de las mezclas no han sufrido una transformación química, sino que siguen siendo lo mismo que eran cada uno antes de ser mezclados, es posible su separación por medios físicos. Por ello, una mezcla puede separarse en sus componentes por medio de métodos físicos apropiados, por ejemplo: la filtración, destilación simple, destilación fraccionada, extracción por solventes, cromatografía, cristalización.

Antes de concluir, es necesario precisar que una más de las dificultades en el aprendizaje de los conceptos químicos, lo constituye el hecho de que no existe una barrera muy delimitada entre ellos y que, incluso, una definición puede integrar a más de un concepto y la necesidad de sus respectivas conceptualizaciones, lo que la convierte en algo parecido a una trama conceptual difícil de entender.

Una suposición importante, según Östman, L. (1999:26) es que "no existe conexión automática entre palabras y conceptos, ideas, significados, etcétera." Por lo

que, leer un texto y tratar de clarificar su significado supone un desplazamiento constante entre lo incluido y lo excluido. Por ejemplo, dice, al emplear la palabra átomo en la enseñanza, no se está seguro de que los interlocutores interpreten la concepción científica de tal palabra, lo cual ejemplifica con una definición de átomo, extraída de un diccionario sueco: "Un cuerpo que constituye la cantidad más pequeña de un elemento que tiene las propiedades químicas de ese cuerpo". Si los alumnos desconocen el significado de "elemento" y de "propiedades químicas", tampoco podrán comprender el significado de la palabra "átomo". Si estas palabras las buscan en un diccionario, descubrirán que se explican haciendo uso de otras palabras, así, la definición de la palabra buscada inicialmente seguirá eludiéndoles. Finalmente, dice que si lo que se quiere es vincular una idea científica con una palabra, se tiene que encontrar una manera de conseguir que el alumno la asocie con la idea científica; es decir, se le tiene que enseñar el lenguaje científico al que pertenece dicha palabra y que le asigna un determinado lenguaje científico. Ahora bien, ese significado tiene que asociarse, según Östman, L. (1999:27).

Bibliografía consultada

ALCÁNTARA B., Ma. del C. (1995). Química de Hoy. México: McGraw-Hill.

BASCUÑÁN, A., Bello, S., Hernández, G., Montagut, P. y Sandoval, R. (1994). Química 2 (tercer grado). México: Limusa.

BELTRÁN, F., Assensa P., G., Badino, M., Haub, R. M., Klein, M., López, M., Medeiros, L., Mitta, A., Muñoz, M., Pereyra, M. y Rico, C. (1999). Está escrito... ¡pero está mal! (en Química). Errores elementales de química que se observan con frecuencia. Argentina: Editorial Magisterio del Río de la Plata.

BLOOMFIELD, Molly M. (1997). Química de los organismos vivos. México: Limusa, Noriega editores.

BONNET Romero, F. (1996). Química I. Segundo grado de secundaria, 2a. ed., México: Harla Oxford University Press.

BROWN, T., LeMay, H. E. & Bursten, B. (1997). Chemistry. The Central Science. U.S.A: Prentice Hall.

CHANG, Raymond (1999). Química. Sexta edición, México: McGraw-Hill.

EBBING, D. I. & Wrihton, M. S. (1997). General Chemistry. U.S.A.: Houghton Mifflin.

GARRITZ R., Andoni (1997). La química y los contenidos escolares, en: González, J., León, Ana I. y Venegas, N. (coords.). Contenidos Relevantes de Ciencias Naturales para la Educación Básica. México: Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano.

GARRITZ, A. y Chamizo, J. A. (1994). Química. USA: Addison Wesley.

HEIN, Morris (1990). Química. México: Grupo editorial Iberoamérica.

KEENAN, Ch., Kleinfelter, D. y Wood, J. (1985). Química General Universitaria, (3ª ed), México: CECSA.

KOLB, D. K. & Hill, J. W. (1998). Chemistry for Changing Times (8ª ed.). USA: Prentice Hall.

LEWIS, M. y Waller, G. (1995). Química Razonada. México: Trillas

ÖSTMAN, Leif (1999). Discursos, significados discursivos y socialización en la enseñanza de la química. Revista de Estudios del Currículum, 2(2), pp. 23-51.

PETRUCCI, R. H. & Harwood, W. (1997). General Chemistry. Principles and Modern Applications. USA: Prentice Hall.

SPENCER, J. N., Bodner, G. M. y Rickard, L. H. (2000). Química. Estructura y Dinámica. México: CECSA.

Anexo 2. Relación de entrevistas realizadas, por grupos y semestres escolares

Tabla 1. Relación de entrevistas realizadas con estudiantes de bachillerato y dos de la lic. en Biología

Grupo I

No. entrevista	Escuela de procedencia	Semestre	Clave entrevista
1	Colegio Oxford	4º	Entr10.doc
2	Tec. de Monterrey	4º	Entr13.doc
3	Tec. de Monterrey	2º	Entr14.doc
4	CCH-Sur, UNAM	4º	Entr7.doc
5	Colegio Oxford	2º	Entr11.doc
6	Facultad de Ciencias, UNAM	7º	Entr7.doc
7	Facultad de Ciencias, UNAM	3º	Entr15.doc
8	CCH-Sur, UNAM	4º	Entr16.doc
9	CCH Sur, UNAM	2º	Entr9.doc
10	CCH Sur, UNAM	4º	Entr8.doc
11	CCH Sur, UNAM	2º	Entr5.doc
12	CCH Sur, UNAM	4º	Entr6.doc
13	Colegio Oxford	2º	Entr12.doc

Relación de estudiantes entrevistados por semestre y nivel. Grupo II				
bachillerato		universidad (lic. biología)		Total
2º	4º	3º	7º	
5	6	1	1	13

Tabla 2. Relación de entrevistas realizadas con estudiantes de bachillerato y de la lic. en Químico Farmacobiólogo

Grupo II

No. entrevista	Escuela de procedencia	Semestre	Clave entrevista
1	Escuela Preparatoria	5º	ENTR1
2	QFB	1º	ENTR2
3	QFB	5º	ENTR3
4	Escuela Preparatoria	5º	ENTR4
5	QFB	5º	ENTR5
6	Escuela Preparatoria	5º	ENTR6
7	Escuela Preparatoria	5º	ENTR7
8	Escuela Preparatoria	3º	ENTR8
9	QFB	1º	ENTR9
10	Escuela Preparatoria	3º	ENTR10
11	Escuela Preparatoria	3º	ENTR11
12	QFB	1º	ENTR12
13	QFB	5º	ENTR13
14	QFB	1º	ENTR14
15	Escuela Preparatoria	3º	ENTR15

Relación de estudiantes entrevistados, por nivel				
semestre/bachillerato		semestre/licenciatura QFB		Total
3º	5º	1º	5º	
4	4	4	3	15

Anexo 3. Protocolo de entrevista clínica

DISOLUCIONES GUÍA DE ENTREVISTA INDIVIDUAL

Para estudiantes de bachillerato de diferentes instituciones y diferentes grados escolares.

La duración, así como el orden de la entrevista es variable; depende del tipo de respuestas que los estudiantes proporcionan. También se instrumentan preguntas y ejemplos adicionales, cuando se considera pertinente, por ejemplo para que el estudiante pueda confrontar algunas de sus predicciones.

DISPOSITIVOS

En una mesa se tienen dispuestas diversas sustancias de uso corriente: sal de cocina fina y en grano, azúcar, harina, lentejas, frijoles pinto y negro, arena, canicas, alcohol, agua. Todas, en vasos de plástico transparente y con una etiqueta pegada en éstos, con sus respectivos nombres.

En otra mesa se tiene una balanza, colocada de manera que no llame la atención del estudiante.

Al alcance del alumno se cuenta con cucharitas y varios vasos vacíos, también de plástico transparente para realizar las mezclas.

RAPPORT

Se inicia con una conversación informal acerca de qué materias le gustan más y por qué; si conoce lo que hay en la mesa, etcétera.

Se le solicita al alumno que realice las combinaciones que desee. (En caso que sólo hayan hecho mezclas de un solo tipo se le pide que haga más combinaciones hasta tener de los dos tipos de mezclas. Esto último no se les dice)

Cuando el alumno ha realizado más de tres combinaciones donde haya mezclas homogéneas y heterogéneas, se le pide que les dé nombre:

¿Cómo le llamarías a estas combinaciones que hiciste? (Si no menciona la palabra mezcla, solución o disolución, se replantea la pregunta): ¿Podrías nombrarlas con un nombre que abarque a todas estas combinaciones?

Se le conduce a observar y a describir las similitudes y diferencias entre las combinaciones que realizó.

En caso que diga la palabra mezcla o disolución se le pide que explique qué es.

Cada concepto o término que introduce el alumno se le solicita que diga lo que entiende por él.

(Se cuidó de no introducir ningún término que pudiera inducir a la respuesta esperada)

DESARROLLO FORMAL DE LA ENTREVISTA

Se le solicita al alumno que tome un vaso limpio y ponga en él: agua y media cucharadita de sal fina y que agite perfectamente. Se le pide que observe lo que pasa y que lo explique. Generalmente responden que la sal se disuelve o mezcla a lo que se les pregunta:

1. ¿CÓMO LE LLAMARÍAS A ESTO QUE HAZ HECHO? (mezclas, disoluciones, compuestos, etcétera)

2. ¿QUÉ ENTIENDES POR DISOLVER/MEZCLAR? O cuando dices disolver/mezclar qué es lo que quieres decir?

3. ¿QUÉ PASÓ CON LA SAL?

4. ¿SI EN LUGAR DE USAR SAL FINA, HUBIERAS USADO SAL DE GRANO ¿QUÉ HUBIERA PASADO? ¿POR QUÉ?

5. AHORA LE VAMOS A AGREGAR LIMADURA DE HIERRO. (ES ESTO QUE ESTÁ EN ESTE VASO. ES FIERRO MOLIDO), Y LO VAS A AGITAR MUY BIEN, PERO ANTES DIME ¿QUÉ CREES QUE VA A SUCEDER CON EL FIERRO? ¿POR QUÉ?

(Frente a esta pregunta, los estudiantes predicen que el fierro no se disolverá y argumentan al respecto, por ello se presenta la siguiente interrogante)

¿POR QUÉ ALGUNAS COSAS SÍ SE DISUELVEN EN AGUA Y OTRAS NO?

6. CONSIDERAS QUE AQUÍ (EN LA MEZCLA) HAY ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO? ¿CUÁL(ES)? ¿QUÉ ES UN ELEMENTO QUÍMICO?

7. ¿CONSIDERAS QUE ES POSIBLE VOLVER A TENER EL AGUA, LA SAL Y LA LIMADURA DE FIERRO COMO SE TENÍAN ANTES DE COMBINARLOS? ¿QUÉ SUGIERES?

AHORA VAS A PESAR 5 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA.

VACÍA EL AZÚCAR EN EL AGUA Y AGITA PERFECTAMENTE.

8. ¿QUÉ PASÓ CON EL AZÚCAR? ¿POR QUÉ?

9. ¿DE NO HABER AGITADO QUÉ HUBIERA PASADO?

10. ¿SI DEJAMOS DE AGITAR Y PONEMOS EN REPOSO ESTO, ¿QUÉ CREES QUE SUCEDA Y POR QUÉ?

11. ¿SI EN LUGAR DE USAR AGUA A LA TEMPERATURA AMBIENTE, HUBIÉRAMOS USADO AGUA CALIENTE, QUÉ HUBIERA PASADO? ¿Y SI FUERA AGUA FRÍA?

12. ¿CUÁNTO USASTE DE AZÚCAR Y DE AGUA? AHORA ¿CUÁL ES LA MASA DE AMBOS? ¿POR QUÉ?

Anexo 4. Entrevistas

Grupo I

(2° y 4° semestres de bachillerato y 7° semestre de lic. en Biología)

ENTREVISTA 12

2° semestre bachillerato.

Colegio Oxford.

Mo. EN ESTOS VASITOS PUEDES HACER LAS COMBINACIONES QUE DESEES CON ESTAS SUSTANCIAS QUE TENEMOS AQUÍ.

Ao. [azúcar y agua, agita] es solución de azúcar

[sal de grano, agua, agita] es solución de sal.

Mo. ¿TÚ CREES QUE EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA INFLUYA EN LA FORMACIÓN DE LA SOLUCIÓN?

Ao. Sí, porque en los granos chiquitos casi toda la partícula tiene contacto con el agua.

Mo. ¿ENTONCES LA DISOLUCIÓN QUÉ ES?

Ao. Cuando una sustancia sólida se une a otra líquida, las moléculas que antes estaban totalmente separadas, ahora quedan juntas. O sea, no quedan el agua sola y la sal sola, sino quedan agua y sal mezcladas.

Mo. ¿AQUÍ QUÉ TIPO DE CAMBIO CREES QUE HUBO?

Ao. Es un cambio físico, nada químico porque los puedes separar por medios físicos. Si tú evaporas el agua te queda la sal o el azúcar y el agua la recuperas usando un aparatito que recoge el vapor y con agua fría, agua corriente, que pasa por otro tubo externo, lo enfría y lo convierte en líquido [dibuja el aparato, el refrigerante] y la sal se queda en el recipiente.

Mo. AHORA VAS A PONER MEDIA CUCHARADITA DE SAL, EN MEDIO VASO CON AGUA Y AGITAS. ¿QUÉ PASA CON LA SAL?

Ao. Desaparece. Sigue ahí, pero no en el mismo estado que antes, no la podemos ver a simple vista porque está diluida en el agua.

Mo. CUANDO DICES QUE ESTÁ DILUIDA EN EL AGUA, ¿QUÉ QUIERES DECIR?

Ao. Que el agua absorbió la sal.

Mo. BUENO, AHORA VAS A PONER UN POQUITO DE LIMADURA DE HIERRO, Y VAS A AGITAR MUY BIEN, PERO ANTES DIME ¿QUÉ CREES QUE VA A PASAR?

Ao. Se va a diluir porque el hierro es un metal

Mo. ¿LO HACEMOS? ¿QUÉ PASÓ?

Ao. No se disolvió porque es insoluble.

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A OBTENER EL HIERRO

COMO SE TENÍA ORIGINALMENTE?

Ao. Evaporo el agua con sal y va a quedar la sal con el fierro.

Mo. ¿Y COMO SEPARAS LA SAL DEL FIERRO?

Ao. Con mucho cuidado, si sacudo, el fierro va a quedar encima y quito la capita.

Mo. AHORA PESA 5 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA [antes pesó el papel y el vaso donde los vació]

LOS REVUELVES, AGITAS Y OBSERVA LO QUE PASA.

Ao. Es una solución concentrada

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque es mucha azúcar para la poca agua

Mo. ¿Y QUÉ TE HACE PENSAR QUE ES MUCHA AZÚCAR?

Ao. Porque me dio trabajo disolverla toda

Mo. SI EN LUGAR DE USAR AGUA A LA TEMPERATURA AMBIENTE USÁRAMOS AGUA CALIENTE ¿QUÉ PASARÍA?

Ao. Sería mucho más fácil porque la temperatura alta facilita mucho a que se disuelvan mejor.

Mo. CÓMO LO EXPLICAS?

Ao. Siempre me he imaginado que, bueno, el azúcar al ser calentada se derrite un poco, se vuelve más, líquida, entonces es más fácil de diluir en lo líquido.

Mo. BUENO Y SI AHORA TE PREGUNTO ¿QUÉ PASARÍA SI EN DOS RECIPIENTES PONEMOS LA MISMA CANTIDAD DE AGUA Y SAL, SÓLO QUE EN UNO DE ELLOS EL AGUA ESTÁ CALIENTE?

Ao. En el agua caliente se va a diluir mucho más rápido que en el agua fría.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. No sé, yo siempre me he fijado que cuando ya no puedes disolver más soluto, se calienta el solvente y es un poco y es mucho más fácil. Cuando está el agua caliente como se expanden las moléculas y tienen más capacidad para absorber otra sustancia.

Mo. EL PESO DE LAS SUSTANCIAS AL JUNTARLAS ¿CUÁL ES AHORA?

Ao. 105 gramos

Mo. ¿NO HUBO ALTERACIÓN DEL PESO?

Ao. No. Porque aunque hubo alteración del azúcar, el azúcar sigue ahí y aunque ahorita ya se volvió una misma sustancia, son dos juntas, es lo mismo, es la conservación de la masa, el azúcar no desapareció, ahí sigue.

Mo. Y SI NO HUBIERA AGITADO ¿QUÉ HUBIERA PASADO?

Ao. No se hubiera diluido, bueno, tal vez sí, pero se hubiera tardado años .

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque está ahí remojado años y poco a poco, se va a quedar ahí una montañita de azúcar, en cambio, si le agitas los granitos de azúcar se van deshaciendo y juntando con el agua.

Mo. SI ÉSTE AZÚCAR CON AGUA LO TAPAMOS MUY BIEN CUIDANDO

QUE NO SALGA NI ENTRE NADA Y LA GUARDAMOS POR MUCHO TIEMPO, MESES, ¿QUÉ SUCEDERÁ CON EL AZÚCAR?

Ao. Yo creo que va a seguir diluida.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR ESO?

Ao. Porque no hay ningún factor que altere el estado en que se encuentra.

Mo. ¿QUÉ COSAS PODRÍAN ALTERARLO?

Ao. Si evaporáramos el agua, el azúcar se concentraría más o si la solución la hice con agua caliente, a la hora de que se enfríe el agua, tal vez haya cierta azúcar que ya no se pueda diluir porque ya no le alcanzó el espacio y otra vez se vuelva a granitos.

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS DISOLVER TODO EL AZÚCAR QUE QUISIÉRAMOS EN ESTE VASITO DE AGUA?

Ao. No, porque el agua sólo tiene cierto espacio para aceptar moléculas de otras sustancias, entonces llega un momento que aunque le revuelvas y le revuelvas ya no se va a diluir, la puedes calentar y le va a caber un poquito más, pero de todos modos es muy poca agua para si queremos disolver más azúcar; es delimitada la cantidad que puede disolver.

Mo. AHORA VAMOS A HACER OTRO EJERCICIO. EN TRES VASOS VAMOS A PONER DIFERENTES CANTIDADES DE AGUA: EN EL PRIMERO MUY POQUITA; EN EL SEGUNDO MÁS O MENOS EL DOBLE Y AL TERCERO, CASI LLENO. LES VAS A PONER TRES GOTAS DE PERMANGANATO DE POTASIO A CADA UNO, PERO ANTES DIME ¿QUÉ CREES QUE VA A PASAR.

Ao. Se va a poner un poco moradito el agua.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque el permanganato de potasio es una solución y es diluible en agua. En éste [vaso tres] creo que va a desaparecer porque es mucha agua y muy poquita solución de permanganato la que estás agregando. En el segundo vaso va a quedar rosita. Y en el vaso uno va a quedar más fuerte.

Mo. AHORA PON LAS GOTAS Y OBSERVA.

Ao. Se está expandiendo. ¿Le revuelvo? El agua que era incolora se volvió rosita, huy en las tres, rositas.

Es una disolución, pero ésta [vaso 1] es más concentrada que ésta [vaso 2].

Mo. ¿Y QUÉ ES UNA DISOLUCIÓN?

Ao. Es cuando ... un soluto que generalmente es sólido y un disolvente que es líquido entonces se vuelven una sustancia, el soluto un poco menos fuerte si es en agua porque sus efectos son menos fuerte.

Mo. DIGAMOS QUE EL SOLUTO ES UN SÓLIDO DISUELTO EN LÍQUIDO, ¿CÓMO LO EXPLICAS?

Ao. Cuando un sólido se disuelve en líquido, el sólido se vuelve líquido, sólo queda el líquido.

Mo. ¿TÚ CREES QUE AHÍ HAY ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO?

Ao. Sí, en todo hay elementos.

Mo. AQUÍ, ¿QUÉ ELEMENTOS HAY?

Ao. El agua, hidrógeno, oxígeno, permanganato de potasio, magnesio y potasio.

Mo. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO QUÍMICO?

Ao. ¿Como sustancia? O en general.

Todo el universo está formado de átomos y un elemento es lo mínimo en lo que se puede dividir. Son 117 elementos de los que está hecho todo y el elemento no lo puedes separar, es lo más chiquito que es el átomo y el elemento está hecho de átomos.

Mo. ¿ENTONCES ELEMENTO Y ÁTOMO ES LO MISMO?

Ao. No. Átomo son las partículas de las que está hecho un elemento.

Mo. ¿ESTO QUE ES?

Ao. Una mezcla de frijol y arroz.

Mo. ¿Y ÉSTA?

Ao. Dos tipos de frijoles.

Mo. ¿Y ÉSTA?

Ao. Una mezcla de azúcar y harina

Mo. ¿ENCUENTRAS ALGUNA SIMILITUD O ALGUNA DIFERENCIA ENTRE ESTOS TRES TIPOS DE MEZCLAS?

Ao. Sí. La diferencia es que ninguno de los tres se diluyó, son mezclas, no son soluciones.

Mo. PERO ENTRE ESTAS TRES MEZCLAS ¿ENCUENTRAS ALGUNA DIFERENCIA?

Ao. Sí. Tienen componentes diferentes: arroz con frijol, harina con azúcar y dos tipos de frijol.

Mo. ¿Y SI SUPONEMOS QUE NO VISTE QUE SE LE PUSO A CADA MEZCLA?

Ao. En ésa (azúcar y harina) sería homogéneo porque no se ve, no puedo diferenciar dónde está el harina y dónde el azúcar. Porque yo la hice sé de lo que está hecha.

Mo. AQUÍ DONDE PUEDES VER LOS COMPONENTES, ¿CÓMO LES LLAMARÍAS PARA DISTINGUIRLAS DE LA MEZCLA DONDE NO SE DISTINGUEN SUS COMPONENTES?

Ao. Son mezclas heterogéneas.

Esto es todo, muchas gracias.

Entrevista 16
4° semestre de bachillerato
CCH-Sur, UNAM

Mo. LO QUE VAMOS A HACER CON LO QUE TENEMOS A LA VISTA SON ALGUNAS COMBINACIONES. TÚ VAS A ELEGIR QUÉ COMBINACIONES HACER CON LO QUE TENEMOS AQUÍ.

Ao. Tengo que combinar lo que yo quiera?

Mo. Sí.

Ao. Voy a agarrar harina y sal, a ver qué sale. [Agita los componentes]

Mo. AHORA HAZ OTRA COMBINACIÓN.

Ao. Arroz con frijoles (agita)

Mo. AHORA OTRA

Ao. La última. Lentejas y frijoles. Yo, pura cocina.

Mo HAZ UNA MÁS

Ao. Azúcar con tantita agua.

Mo. ¿COMO LE LLAMARÍAS A ESTAS COMBINACIONES QUE HICISTE?

Ao. Mmm una mezcla.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque estás combinando, bueno, estás metiendo dos cosas diferentes.

Mo. ¿NOTAS ALGUNA SIMILITUD Y ALGUNAS DIFERENCIAS EN ELLAS?

Ao. Mmm pues diferencias tienen, por ejemplo, éstas dos (frijol y lenteja; y frijol y arroz) casi no se revuelven como se revuelve el harina con la sal y el agua con el azúcar.

Mo. ALGUNA SIMILITUD

Ao. Pues la misma, que éstas son parecidas porque no se revuelven y éstas se revuelven.

Mo. ¿CÓMO DIFERENCIARÍAS CON NOMBRE UNAS Y OTRAS, PARA NO ESTAR DICIENDO ESTAS SÍ SE REVUELVEN, ÉSTAS NO SE REVUELVEN?

Ao. No sé.

Mo. ¿QUÉ TIPOS DE MEZCLAS CONOCES?

Ao. Casi ninguna.

Mo. HÁBLAME DE MEZCLAS EN LA VIDA CORRIENTE, DE QUÉ MEZCLAS TE ACUERDAS? EN TU CASA, EN LA ESCUELA...

Ao. Mmm ¿en la vida común? En la cocina. Mezclas agua con jitomate y azúcar, te da salsa.

Mo. ¿Y ESO ES UNA?

Ao. Mezcla.

Mo. ¿OTRA MEZCLA?

Ao. Mmm leche con alguna fruta y azúcar y te da un licuado.

Mo. UN LICUADO ES UNA MEZCLA. BIEN. ÉSTAS (LAS 4 COMBINACIONES QUE HIZO LA ESTUDIANTE) DIJISTE QUE ERAN

MEZCLAS. BUENO, ÉSTA Y ÉSTA SON DIFERENTES: HARINA CON SAL Y ARROZ Y CON FRIJOL. ¿QUÉ DIFERENCIA ENCUENTRAS ENTRE ÉSTAS?

Ao. En que en una se combinan y el arroz y el frijol no se combinan.

Mo. ¿CÓMO QUE SE COMBINAN?

Ao. O sea, la harina y la sal se pueden unir, bueno, no unir, sino que no se diferencian a simple vista, se vuelven una y, el frijol y el arroz sí se ve cuáles son los frijoles y cuál es el arroz.

Mo. CONCEPTUALMENTE ¿CÓMO LAS DIFERENCIARÍAS CON NOMBRE?

A ESTA MEZCLA (HARINA Y SAL) DONDE NO SE DIFERENCIA LO QUE TIENE Y DONDE SÍ SE NOTAN LOS COMPONENTES (FRIJOL Y ARROZ) CÓMO LE LLAMARÍAS?

Ao. Una mezcla química y una mezcla física. (sonriendo)

Mo. ¿AL AGUA CON AZÚCAR COMO LE LLAMAS?

Ao. Agua con azúcar.

Mo. ¿Y CON UNA SOLA PALABRA?

Ao. Mmm

Mo. ¿NO ES UNA MEZCLA TAMBIÉN?

Ao. Sí

Mo. AHORA VAMOS A PONER MEDIA CUCHARADITA DE SAL, AHORA LE VACÍAS MÁS O MENOS MEDIO VASO DE AGUA Y LE AGITAS PERFECTAMENTE BIEN.

(agita)

¿QUÉ ESTÁ PASANDO?

Ao. Se diluye, ¿no?

Mo. ¿QUÉ SE DILUYE?

Ao. La sal.

Mo. ¿CUANDO DICES SE DILUYE QUÉ QUIERES DECIR? ¿QUÉ SIGNIFICADO LE ESTÁS DANDO A DILUIR?

Ao. Se unen las partículas del agua con las del azúcar.

Mo. ¿Y CÓMO SABES QUE SE UNEN LAS PARTÍCULAS DE SAL CON EL AGUA?

Ao. Porque no se ve el azúcar, digo, la sal.

Mo. ¿A ESTO (agua y sal) CÓMO LE LLAMARÍAS?

Ao. Una mezcla

Mo. ¿Y SI A ESTA MEZCLA LE AGREGÁRAMOS UN POQUITO DE LIMADURA DE HIERRO QUÉ CREES QUE OCURRA?

Ao. No se va a diluir

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque... no sé por qué, pero...

Mo. BUENO, ALGO TE HACE PENSAR QUE NO SE VA A DILUIR

Ao. Porque a lo mejor ya es más pesada, ¿no? No sé, sus partículas no se adhieren al agua.

Mo. ¿A ESTO CÓMO LE LLAMAS AHORA?

Ao. Aquí se sigue viendo el fierro, pero llamarle de un nombre específico, no sé.

Mo. ¿CREES QUE SERÍA UNA MEZCLA? O ¿CÓMO LE LLAMARÍAS?
Ao. Pues esta mezcla (otra) tiene dos componentes diferentes.
Mo. ¿CUÁNTOS COMPONENTES TIENE ÉSTA (AGUA, SAL Y HIERRO)?
Ao. Tres.
Mo. ¿CONSIDERAS QUE HAY ALGÚN ELEMENTO AHÍ EN ESA MEZCLA?
Ao. Sí, el fierro.
Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE EL FIERRO ES UN ELEMENTO?
Ao. Porque me lo enseñaron en química.
Mo. ¿QUÉ TE ENSEÑARON?
Ao. Que el fierro era un elemento, al igual que el hidrógeno, bueno, no, tiene muchos elementos, entonces.
Mo. ¿SÍ HAY MUCHOS ELEMENTOS EN ESA MEZCLA?
Ao. Sí.
Mo. ¿CUÁLES IDENTIFICARÍAS?
Ao. El hidrógeno, el oxígeno, el fierro
Mo. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO PARA TÍ?
Ao. Mmm no sé, no sé cómo explicarlo.
Mo. DILO CON TUS PALABRAS
Ao. Algo que está en la naturaleza y que lo puedes extraer; algunas veces, no todas.
Mo. ¿DE QUÉ DEPENDE QUE ALGUNAS VECES SÍ SE PUEDA Y OTRAS NO?
Ao. De la forma en que se presenten.
Mo. ¿CÓMO QUÉ SE TE OCURRE?
Ao. Por ejemplo, en el agua no puedes quitar el hidrógeno y el oxígeno, sino están juntos, es un mismo, ¿cómo se dice?
Mo. COMPUESTO
Ao. Es un mismo compuesto y no se puede separar.
Mo. ¿EN QUÉ CASOS SE TE OCURRE QUE SÍ SE PUEDE?
Ao. Por ejemplo, si pones aceite y agua
Mo. ¿AHÍ SÍ SE PUEDE SEPARAR?
Ao. Sí, porque el aceite se va hacia arriba del agua y el agua se queda abajo.
Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE PASE ESO?
Ao. Por, algo de las partes de adherencia, algo así se llama.
Mo. ¿EN ESTA MEZCLA TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A OBTENER EN LA FORMA ORIGINAL LOS COMPONENTES COMO ESTABAN ANTES DE SER MEZCLADOS? EL AGUA, LA SAL Y LA LIMADURA?
Ao. No.
Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE NO?
Ao. ¿Porque no puedes volver a tener la sal como estaba, intacta. Si la vas a obtener, sí sacas la sal del agua pero igual igual a como estaba, no.
Mo. ¿CÓMO LA SEPARARÍAS?
Ao. Destilándola
Mo. ¿CÓMO?

Ao. ¿Cómo la destilo? Con un aparato que no me acuerdo cómo se llama

Mo. ¿MÁS O MENOS CÓMO EXPLICARÍAS EL PROCESO?

Ao. Pones el agua y la hierves, creo a que dé su punto de ebullición y luego la sacas y la purificas ¿no?

Mo. A VER, ¿CÓMO LA SACAS?

Ao. Ah, no es cierto, no la pones en su punto de ebullición, ya me acordé. Nada más la destilas, bueno, la pones y la purificas y se supone que tiene que quedar el agua intacta, sin todo lo que le echaste.

Mo. ¿CUANDO DICES PURIFICAR A QUÉ TE REFIERES?

Ao. A quitarle la sal y el fierro

Mo. ¿CÓMO SE LO QUITARÍAS?

Ao. Con unos papelitos que son purificación (sonriendo)

Mo. HABER, HABER, ¿CÓMO SEPARARÍAS LA LIMADURA DE HIERRO?

Ao. Así, no tiene gran ciencia (con la cucharita toma una parte del fierro asentado y lo desliza por la pared del vaso hacia arriba)

Mo. ¿TÚ CREES QUE CON LA CUCHARITA PODRÍAS QUITARLO TODO?

Ao. La mayor parte, me imagino.

Mo. ¿NO SE TE OCURRE OTRA MANERA MÁS FÁCIL?

Ao. No.

Mo. ¿Y LA SAL DEL AGUA?

Ao. Purificándola.

Mo. AHORA VAMOS A HACER OTRAS COMBINACIONES. VAS A PESAR 5 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA. AHORA LOS VAS A JUNTAR Y VAS A AGITAR MUY BIEN. ¿QUÉ ESTÁ PASANDO?

Ao. Se está diluyendo

Mo. ¿CÓMO LO EXPLICAS?

Ao. Se está mezclando.

Mo. ¿QUÉ ESTÁ PASANDO CON EL AZÚCAR?

Ao. Se unen el agua y el azúcar

Mo. ¿SI NO AGITAMOS QUÉ CREES QUE PASARÍA?

Ao. Se quedarían las partículas ahí; bueno, se quedaría el azúcar asentado abajo, en el agua.

Mo. ¿Y SI AGITAMOS CON MÁS FUERZA?

Ao. Se diluye.

Mo. SI EN LUGAR DE HABER USADO AGUA A LA TEMPERATURA AMBIENTE COMO LO HICIMOS, HUBIÉRAMOS USADO AGUA CALIENTE, ¿QUÉ HUBIERA PASADO?

Ao. Se diluiría igual, bueno, no necesitaríamos agitarlo

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. No sé.

Mo. ¿NUNCA TE LO HAS PREGUNTADO?

Ao. No.

Mo. ¿Y QUÉ TE HACE PENSAR QUE EN AGUA CALIENTE NO SE NECESITARÍA AGITAR PARA DILUIR MÁS RÁPIDO?

Ao. Porque lo he experimentado.

Mo. ¿CÓMO LO EXPLICARÍAS? ¿POR QUÉ CREES QUE SE DILUYE EL AZÚCAR MÁS RÁPIDO Y SI N AGITAR EN AGUA CALIENTE?

Ao. La temperatura que lleva el agua.

Mo. ESO YA LO SABEMOS, PERO ¿CUÁL ES LA ACCIÓN DE LA TEMPERATURA MÁS ALTA EN EL AGUA?

Ao. No se me ocurre nada.

Mo. SI ESTE VASITO CON EL AZÚCAR DISUELTO EN EL AGUA LO GUARDÁRAMOS BIEN TAPADITO POR MUCHO TIEMPO, ¿QUÉ PASARÍA CON EL AZÚCAR?

Ao. Nada. Seguiría diluido.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR EN ESO?

Ao. Porque no le entra ni le sale oxígeno, ni nada.

Mo. SI ESTUVIERA DESTAPADO ¿QUÉ PASARÍA?

Ao. También seguiría igual (sonriendo)

Mo. ¿POR QUÉ SEGUIRÍA IGUAL?

Ao. No sé.

Mo. ¿QUÉ ME DECÍAS QUE HABÍA PASADO CON EL AZÚCAR AHÍ?

Ao. Se diluyó. Son más chiquitas las partículas de azúcar que las partículas del agua y se supone que se unen una partícula con la de la otra.

Mo. ¿TÚ CREES QUE AHÍ PODRÍAMOS DISOLVER TODA LA CANTIDAD DE AZÚCAR QUE QUISIÉRAMOS?

Ao. No.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque sería más el azúcar que el agua.

Mo. ¿Y ESO QUÉ QUIERE DECIR?

Ao. Que está saturado de azúcar.

Mo. ¿Y ESO QUÉ QUIERE DECIR?

Ao. Pues que necesita más partículas de agua para que se pueda diluir.

Mo. ¿CUANTO FUE LO QUE PUSISTE DE AGUA?

Ao. 50 gramos

Mo. ¿Y DE AZÚCAR?

Ao. 5

Mo. AHORA DIME, ¿CUÁNTOS GRAMOS CREES QUE PESE LA MEZCLA?

Ao. 55 gramos

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque tiene 50 de agua y 5 de azúcar.

Mo. ¿CONSIDERAS QUE NO HUBO NINGUNA ALTERACIÓN EN EL PESO?

Ao. No.

Mo. ¿SI EN LUGAR DE ESTOS GRANITOS DE AZÚCAR HUBIÉRAMOS PUESTO TERRONES DE AZÚCAR? POR EJEMPLO COMO ESTA SAL FINA Y ESTA GRUESA. ¿QUÉ HUBIERA PASADO?

Ao. Se hubieran quedado residuos del azúcar en grano

Mo. SI PONEMOS LA MISMA CANTIDAD DE AZÚCAR GRANULADA EN LA MISMA CANTIDAD DE AGUA, COMO LO HICISTE.

Ao. Se diluiría igual porque es la misma cantidad.

Mo. ¿CÓMO LO EXPLICAS? ¿NO HABRÍA ALGUNA ALTERACIÓN POR EL TAMAÑO?

Ao. Me imagino que no.

Entrevista 6
7° semestre de lic. en biología
Facultad de Ciencias, UNAM

Mo. CON LO QUE TENEMOS AQUÍ VAS A HACER ALGUNAS COMBINACIONES QUE A TÍ SE TE OCURRAN Y LAS VAS AGITANDO:

Ao. 1) sal de cocina y agua,
2) arroz y frijol
3) canicas y arena
4) harina y azúcar

Mo. ¿QUÉ ENCUENTRAS EN COMÚN?

Ao. Que se usaron dos compuestos en cada una; que en la sal y agua se disolvió y se hace una especie de mezcla.

Mo. ¿CÓMO LES LLAMARÍAS A TODAS LAS COMBINACIONES QUE HICISTE, EN CONJUNTO?

Ao. Mezclas

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON MEZCLAS?

Ao. Que está compuesto por dos o más compuestos.

Mo. ¿QUÉ TIPOS DE MEZCLAS ENCUENTRAS AQUÍ? ¿CÓMO LAS CLASIFICARÍAS?

Ao. Como solubles e insolubles

Mo. ¿QUÉ OTRA CLASIFICACIÓN SE TE OCURRE?

Ao. Sólida y líquida.

Mo. ¿AQUÍ (harina y azúcar) PUEDES DISTINGUIR LAS PARTES QUE FORMAN LA MEZCLA?

Ao. Poco, si no la hubiera hecho yo, vería sólo harina.

Mo. ¿Y AQUÍ (SAL GRUESA Y AGUA) SE DISTINGUEN SUS COMPONENTES?

Ao. Sí, pero si se agitaran más no se distinguirían.

Mo. ¿Y EN LA MEZCLA DE CANICAS Y ARENA, SE DISTINGUEN SUS COMPONENTES?

Ao. Sí.

Mo. ¿Y EN EL ARROZ Y EL FRIJOL?

Ao. Sí

Mo. ¿CÓMO LE LLAMARÍAS A LAS MEZCLAS DONDE SE PUEDEN DISTINGUIR SUS COMPONENTES Y DONDE NO SE DISTINGUEN?

Ao. Visuales y no visuales; no visuales la azúcar y la harina.

Mo. ¿CÓMO QUE NO VISUALES SI SE VEN?

Ao. Mmm... no será un tipo de solución?

Mo. AHORA VAMOS A TOMAR OTRO VASO, LE AGREGAS MEDIA CUCHARADITA DE SAL FINA, MEDIO DE AGUA Y AGITAS MUY BIEN.

(agita)

¿QUÉ ESTÁ PASANDO CON LA SAL AHÍ?

Ao. Se está disolviendo.

Mo. CUÁNDO DICES QUE SE ESTÁ DISOLVIENDO ¿QUÉ QUIERES DECIR?

Ao. Que está perdiendo sus propiedades para disolverse en el agua.
 Mo. AHORA, CUANDO DICES QUE ESTÁ PERDIENDO SUS PROPIEDADES ¿QUÉ ME QUIERES DECIR?
 Ao. Que la sal está pasando de un estado sólido a un estado líquido.
 Mo. AHORA, ¿CÓMO LE LLAMARÍAS A LA SAL CON AGUA?
 Ao. Una mezcla
 Mo. ¿Y SI LE AGREGAMOS TANTITA LIMADURA DE FIERRO, QUÉ CREES QUE PASE?
 Ao. Que se va a mantener igual, no va a perder sus propiedades.
 Mo. ENTONCES ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE EL FIERRO VA A SEGUIR IGUAL?
 Ao. Que tiene una composición más sólida que la de la sal.
 Mo. ¿LO HACES?
 (Pone el fierro en la solución de agua con sal y agita)
 ¿QUÉ PASÓ?
 Ao. Lo que yo pensaba.
 Mo. SI TE PREGUNTARA SI ES POSIBLE VOLVER A TENER IGUAL LOS TRES COMPONENTES, LA SAL, EL AGUA Y EL FIERRO, COMO ESTABAN ANTES DE JUNTARLOS, QUÉ RESPONDERÍAS?
 Ao. Que sí se puede.
 Mo. ¿QUÉ SUGERIRÍAS PARA ESO?
 Ao. Hervir el agua.
 Mo. ¿QUÉ PASA AL HERVIR EL AGUA?
 Ao. Se tapa y la sal se va a la parte superior.
 Mo. ¿CÓMO?, NO ENTIENDO.
 Ao. Se pone a hervir el agua y con los vapores la sal se va ir concentrando en la parte superior de la tapa.
 Mo. ¿ENTONCES TÚ PONES UNA TAPA AQUÍ Y PONES A HERVIR LA MEZCLA Y LA SAL SE VA A DEPOSITAR ARRIBA?
 Ao. No toda pero sí.
 Mo. ¿Y QUÉ VA A PASAR CON EL FIERRO?
 Ao. Se va a quedar en el fondo.
 Mo. ¿Y CÓMO RECUPERAR EL AGUA SOLA?
 Ao. Colándola. No va a estar igual, pero...
 Mo. ¿TÚ CREES QUE AQUÍ HAY ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO?
 Ao. Sí, el fierro es un elemento químico.
 Mo. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO QUÍMICO?
 Ao. Pues un elemento que se encuentra en la tierra, que está dentro de una tabla periódica que clasifica los elementos de la tierra.
 Mo. ¿Y CÓMO DISTINGUES UN ELEMENTO DE ALGO QUE NO LO ES?
 Ao. Pues todo lo que hay es elemento, así que no puede haber algo que no sea elemento o un compuesto de ellos.
 Mo. AHORA VAMOS A PESAR 5 g DE AZÚCAR Y 100 g DE AGUA. AHORA LOS VAS A JUNTAR Y VAS A AGITAR MUY BIEN.
 ¿QUÉ ESTÁ PASANDO CON EL AZÚCAR?
 Ao. Se está disolviendo.
 Mo. ¿SI NO AGITÁRAMOS QUÉ PASARÍA?

Ao. No se mezclaría
Mo. ¿Y QUÉ PASARÍA CON EL AZÚCAR?
Ao. Más o menos mantendría sus propiedades, en el fondo.
Mo. ¿EN ESTE CASO (AGUA/AZÚCAR DISUELTA), QUÉ TENEMOS?
Ao. Una mezcla.
Mo. QUÉ TAL SI HUBIÉRAMOS ECHADO AGUA CALIENTE EN LUGAR DE AGUA A LA TEMPERATURA AMBIENTE?
Ao. Nada.
Mo. ¿Y SI HUBIÉRAMOS ECHADO AGUA MUY FRÍA?
Ao. Tampoco.
Mo. ¿SE DISOLVERÍA IGUAL?
Ao. No, creo que no. En agua fría sería un poquito más difícil mezclarla y en agua caliente perdería más rápido las propiedades.
Mo. Y SI GUARDÁRAMOS ESTA AGUA CON AZÚCAR POR MUCHO TIEMPO ¿QUÉ PASARÍA CON EL AZÚCAR?
Ao. Se iría acumulando en el fondo.
Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR ESO?
Ao. Que hay partículas aquí flotando, que se irían al fondo. No todas se disolverían con el agua.
Mo. ¿TÚ CREES QUE SI PROBAMOS AGUA DE LA PARTE SUPERIOR Y DE LA PARTE INTERMEDIA Y DE ABAJO DEL VASO ¿VA A SABER DIFERENTE?
Ao. Sí.
Mo. SI LE ECHÁRAMOS MÁS AZÚCAR AL AGUA ¿QUÉ PASARÍA?
Ao. ¿Igual cantidad?
Mo. Sí. IGUAL CANTIDAD DE AZÚCAR Y DE AGUA.
Ao. Sería una composición uniforme.
Mo. ¿TÚ CREES QUE EN ESA CANTIDAD DE AGUA (100 g) PODRÍAMOS DISOLVER TODO EL AZÚCAR QUE QUISIÉRAMOS?
Ao. Sí se puede, pero, no; depende también qué cantidad, no (inaudible) un kilo de azúcar. No sería una mezcla uniforme.
Mo. ¿QUÉ SERÍA?
Ao. Una mezcla parcial porque no todas las propiedades del azúcar o de todos los granitos del azúcar se están disolviendo en el agua, solamente algunos.
Mo. ¿TÚ CONSIDERAS QUE LA AGITACIÓN ES NECESARIA PARA QUE SE DISUELVA EL AZÚCAR?
Ao. Sí.
Mo. SI EN LUGAR DE EL AZÚCAR FINA QUE USAMOS HUBIÉRAMOS USADO GRANOS GORDOS ¿QUÉ HUBIERA PASADO?
Ao. Costaría un poco más de dificultad disolverse, pero también se disolvería.
Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE CAUSARÍA MÁS TRABAJO DISOLVER EL AZÚCAR EN GRANO?
Ao. Por su composición, sus átomos están más juntos.
Mo. ¿CUÁNTO PESAMOS DE AZÚCAR Y CUÁNTO DE AGUA?
Ao. 5 y 100 gramos.

Mo. AHORA QUE MEZCLAMOS EL AZÚCAR CON EL AGUA ¿CUÁNTO CREES QUE PESE LA MEZCLA?

Ao. 100

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque se desnaturaliza el azúcar con el agua.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON DESNATURALIZAR?

Ao. Que simplemente se une al agua pero no aumenta su peso.

Mo. PERO PESABA 5 GRAMOS ¿QUÉ PASÓ CON ESOS 5 GRAMOS?

Ao. Andan disuelto por acá.

Mo. ¿ENTONCES AHORA CUÁNTO PESA?

Ao. Tal vez un poco más de 100 pero no creo que 105.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Es que el azúcar solamente desdobló al agua, desdoble sus compuestos hacia el agua, no lo hizo aumentar de peso.

Mo. NO TE ENTIENDO. AQUÍ ECHASTE 5 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA, AHORA QUE EL AZÚCAR QUE SE DISOLVIÓ EN EL AGUA ¿CUÁNTO PESA ESTO?

Ao. Yo digo que 100 gramos.

Mo. ¿CÓMO EXPLICAS EL HECHO DE QUE AHORA YA NO PODAMOS VER EL AZÚCAR EN ESA MEZCLA?

Ao. Ah, pues porque hay como un intercambio de, como te dije antes, perdió sus propiedades al mezclarse con el agua la mayor parte y se unió a los átomos de agua.

Mo. GRACIAS, ES TODO.

Relación de entrevistas, grupo II

(3° y 5° semestres de bachillerato y 1° y 5° semestres de lic. en QFB)

ENTREVISTA 8

3° semestre de bachillerato de la UAS

AQUÍ TENEMOS VARIAS SUSTANCIAS, OBSÉRVALAS Y DIME SI HAY ALGUNA QUE NO CONOZCAS.

CON ELLA VAS A REALIZAR LAS COMBINACIONES QUE DESEES.

Ao. Agua y limadura de hierro.

Mo. ¿QUIERES HACER OTRA?

Ao. Harina y sal.

Mo. ¿NADA MÁS?

Ao. Sal y azúcar

Mo. ¿QUIERES HACER OTRA?

Ao. Alcohol y agua.

Mo. ¿ENCUENTRAS ALGO SIMILAR O ALGO DIFERENTE EN ESTAS COMBINACIONES QUE HICISTE?

Ao. Éstas son sólido con sólido, son similares. Ésta es un sólido con un líquido. Ésta es líquido con líquido.

Mo. ¿CÓMO LES LLAMARÍAS A TODAS EN CONJUNTO? ¿QUÉ SON?

Ao. Mezclas.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE SON MEZCLAS?

Ao. Porque no están unidos químicamente.

Mo. ¿CÓMO SABES QUE NOS ESTÁN UNIDOS QUÍMICAMENTE?

Ao. Pues no se ve que haya ocurrido ninguna reacción.

Mo. ¿QUÉ CLASES DE MEZCLAS FORMASTE?

Ao. Homogéneas y heterogéneas.

Mo. ¿EN ESTE CASO CÓMO LAS CLASIFICARÍAS?

Ao. Heterogéneas éstas, homogénea ésta.

Mo. ¿POR QUÉ ESTAS SON HETEROGÉNEAS Y LA OTRA HOMOGÉNEA?

Ao. Ésta, yo digo que es homogénea, tiene azúcar y sal. Es homogénea porque no se distinguen sus componentes. En ésta sí se distinguen bien los componentes: agua y limadura de hierro.

Mo. ¿TIENES AHÍ DOS MEZCLAS: HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS?

Ao. Ajá

Mo. VAMOS A VER ÉSTA. ¿AHÍ QUÉ PASÓ CON LA LIMADURA DE HIERRO?

Ao. Se fue al fondo.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE SE FUE AL FONDO LA LIMADURA?

Ao. Porque...es más densa que el agua.

Mo. ¿TODO LO QUE ES MÁS DENSO QUE EL AGUA SE VA AL FONDO?

Ao. Sí

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque tiene más peso.

Mo. ES MÁS PESADA. ¿QUÉ PASARÍA SI AHÍ, DONDE TIENES LA LIMADURA DE HIERRO Y AGUA LE ECHARAS MEDIA CUCHARADITA DE SAL?

Ao. Le echo?

Mo. PRIMERO CONTÉSTAME.

Ao. Pues se diluiría la sal con el agua.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE LA SAL SE VA A DILUIR CON EL AGUA?

Ao. Porque el agua es un solvente y disuelve la sal.

Mo. ¿LO QUIERES VER?

Ao. Sí. (vacía la sal y agita)

Mo. PUEDES ECHARLE UN POQUITO MÁS DE AGUA. ¿QUÉ PASÓ?

Ao. Se diluyó la sal.

Mo. CUANDO DICES QUE SE DILUYÓ LA SAL ¿QUÉ QUIERES DECIR?

Ao. Que se junta con el agua.

Mo. ¿CÓMO TE LO IMAGINARÍAS SI TE PIDO QUE ME LO DIBUJES AQUÍ, SUPONIENDO QUE UNA BOLITA BLANCA SERÍA EL AGUA Y UNA BOLITA NEGRA, LA SAL?

Ao. (Dibuja)

Mo. ¿ME LO PODRÍAS EXPLICAR?

Ao. Ajá, hay moléculas de agua aquí y al momento de echarle la sal como que se une a las moléculas y se mezclan las moléculas de agua con las moléculas de sal.

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A TENER DE MANERA SEPARADAS EL AGUA, LA SAL Y EL FIERRO, COMO ESTABAN ANTES DE QUE TÚ LAS JUNTARAS?

Ao. Sí

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque son mezclas y se pueden separar, no que si fueran compuestos fuera más difícil la separación de ellos.

Mo. ¿POR QUÉ LAS MEZCLAS SE PUEDEN SEPARAR MÁS FÁCILMENTE QUE LOS COMPUESTOS?

Ao. Porque no están unidos químicamente.

Mo. ¿ESO QUÉ QUIERE DECIR?

Ao. Que cuando están unidos en un compuesto, los dos elementos que se juntan cambian totalmente sus propiedades y en las mezclas no, contienen sus mismas propiedades, sus mismas propiedades, no las mezclan.

Mo. ¿QUÉ SUGERIRÍAS PARA TENER POR SEPARADO CADA UNO DE LOS COMPONENTES?

Ao. Primero evaporación para sacar el agua.

Mo. ¿CÓMO LO HARÍAS?

Ao. Pondría a calentar y con un condensador el agua cae en otro recipiente, después me quedaría sal y el hierro ... No. Primero separaría por decantación. La sal y el agua como están más unidos los pongo en otro vaso y queda el hierro. Después ya caliento el agua y la sal y me queda la sal y el vapor del agua lo pongo en otro recipiente.

Mo. ¿TÚ CONSIDERAS QUE AHÍ HAY ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO?

Ao. Muchos.

Mo. ¿HABER?

Ao. Los que yo crea?

Mo. Sí.

Ao. Fierro, oxígeno, hidrógeno, cloro y sodio.

Mo. ¿POR QUÉ DICES QUE ESOS SON LOS ELEMENTOS QUÍMICOS?

Ao. Porque aquí hay agua y el agua tiene hidrógeno y oxígeno, dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno; después hay hierro, el hierro es un elemento y después tenemos sal y la sal es cloruro con sodio

Mo. ¿CÓMO SABES QUE EL FIERRO ES UN ELEMENTO?

Ao. Porque...sus átomos no se pueden descomponer en otro elemento, tienen moléculas del mismo tipo. Tiene átomos del mismo tipo.

Mo. ¿ESO SERÍA PARA TÍ UN ELEMENTO QUÍMICO?

Ao. Ajá

VAMOS A HACER OTRO EJERCICIO. VAS A PESAR EN ESE PAPELITO 10 GRAMOS DE AZÚCAR.

Ao. (Pone el papelito y dice): Está descalibrada

Mo. ¿ESTÁ DESEQUILIBRADA?

Ao. (Retira el papelito) Está bien. Tiene pluma para anotar lo que pesa el papel?

Mo. AHORA VAS A PESAR 100 GRAMOS DE AGUA.

Ao. Quito esto?

Mo. SÍ, AHORA VACÍA EL AZÚCAR EN EL AGUA Y OBSERVA LO QUE PASA.

Ao. (Agita y observa) Se diluyó el azúcar.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON ESO?

Ao. Se mezcló con el agua.

Mo. ¿QUÉ SIGNIFICA?

Ao. (Sigue agitando y con la punta de la cuchara golpea unos granitos que quedaron asentados en el fondo)

Mo. ¿POR QUÉ YA NO SE VE EL AZÚCAR?

Ao. Porque se diluyó con el agua, formó una mezcla.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON QUE SE FORMÓ UNA MEZCLA?

Ao. Como que se unieron, se juntaron las partículas del azúcar con el agua.

Mo. ¿QUÉ HUBIERA PASADO SI NO HUBIERAS REVUELTO EL AZÚCAR CON EL AGUA?

Ao. Hubiera quedado abajo el azúcar.

Mo. ¿Y SI EN LUGAR DEL AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE HUBIERAS USADO AGUA FRÍA?

Ao. Fuera más difícil para que se disolviera el azúcar

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE VA A SER MÁS DIFÍCIL?

Ao. Porque si estuviera más caliente, el agua, como el café cuando uno echa el azúcar se diluye más rápido, entonces pues lo lógico sería pensar que si estuviera más helado tardaría más.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE SE DISUELVE MÁS RÁPIDO EL AZÚCAR EN AGUA CALIENTE?

Ao. Porque cuando está en caliente, las moléculas están moviéndose más de prisa y eso hace que las moléculas del azúcar se disuelvan más fácil.

Mo. ¿QUÉ PASARÁ SI ESA MEZCLA QUE TIENES AHÍ LA CUBRIMOS DE MODO QUE NO SE ESCAPE NADA Y LA GUARDAMOS POR MUCHO TIEMPO? ¿QUÉ VA A PASAR CON EL AZÚCAR?

Ao. Va a bajar.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE VA A BAJAR?

Ao. Mmm porque no está totalmente diluido, totalmente ... cómo le diré...porque no está totalmente unida al agua.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CON ESO?

Ao. Que no se mezcló químicamente. AQUÍ ME QUEDÉ)

Mo. ¿TÚ CONSIDERAS QUE SERÍA LO MISMO SI HUBIERAS ECHADO UN GRANOTE GORDO DE AZÚCAR EN LUGAR DE UN GRANO FINO COMO EL QUE ECHASTE AHÍ?

Ao. No, nada más que tardaría más en diluirse.

- Mo. ¿POR QUÉ CONSIDERAS QUE TARDARÍA MÁS EN DILUIRSE?
- Ao. ...Porque están más grandes los pedacitos.
- Mo. ¿Y ESO QUÉ SIGNIFICA?
- Ao. Si se pone una sustancia más grande, va a tardar más en batirse y eso.
- Mo. SÍ, ¿PERO POR QUÉ CREES QUE VA A TARDAR MÁS?
- Ao. Porque es más sustancia.
- Mo. ¿DIGAMOS QUE SERÍA LA MISMA CANTIDAD DE SUSTANCIA.
- Ao. Creo que sería igual, porque es el mismo compuesto, nada más varía la forma.
- Mo. ¿CUÁNTO PESASTE DE AGUA?
- Ao. 100 gramos
- Mo. ¿Y DE AZÚCAR?
- Ao. 10 gramos
- Mo. AHORA QUE EL AZÚCAR SE DISOLVIÓ EN EL AGUA ¿CUÁNTO VA A PESAR EL AGUA Y EL AZÚCAR?
- Ao. 110 porque se juntan el peso del agua y el del azúcar en el mismo recipiente.
- Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS DISOLVER TODA LA CANTIDAD DE AZÚCAR QUE QUISIÉRAMOS EN ESE VASO DE AGUA?
- Ao. No
- Mo. ¿POR QUÉ?
- Ao. Porque se saturaría y las soluciones saturadas son las que ya no pueden disolver.
- Mo. ¿CUANDO DICES SATURAR QUÉ QUIERES DECIR?
- Ao. Que ya no se mezclaría el agua con el azúcar.
- Mo. ¿POR QUÉ? CÓMO TE LO IMAGINARÍAS?
- Ao. (En lápiz y papel, dibuja).
- Mo. ¿ESAS BOLITAS QUÉ SERÍAN?
- Ao. Agua. Las bolitas negras son el azúcar.
- Mo. ¿POR QUÉ TE IMAGINAS QUE EL AZÚCAR ESTÁ RODEANDO AL AGUA?
- Ao. Mmm porque se está uniendo para formar la mezcla. Aquí están las moléculas de azúcar, luego hay moléculas de agua y a todo alrededor hay moléculas de azúcar.
- Mo. ¿ESTA QUÉ TIPO DE MEZCLA SERÍA?
- Ao. Homogénea.
- Mo. EN ESTE CASO ¿ESTÁ SATURADA O NO SATURADA?
- Ao. Saturada.
- Mo. ¿QUÉ SIGNIFICA ESO, DIJISTE?
- Ao. Que ya no se puede mezclar más el agua con el azúcar, ya tiene la cantidad, ya sobrepasó, ya no se puede mezclar más.
- Mo. Y ESTA BOLITA QUE ESTÁ AQUÍ ARRIBA (señalando el dibujo).
- Ao. Esa, no.

- VAMOS A HACER EL ÚLTIMO
TOMA UN VASO LIMPIO Y PONLE AGUA; AHORA LE PONES UNA CUCHARADA DE CAL Y LA REVUELVES
- Ao. (Observa al tiempo que agita)
- Mo. ¿AHORA ESO QUÉ ES?
- Ao. Es una mezcla heterogénea
- Mo. ¿POR QUÉ?
- Ao. Porque sus componentes no están miscibles, el agua y la cal.
- Mo. CUANDO DICES MISCIBLES, ¿QUÉ QUIERES DECIR?

Ao. Que no se mezclan.

Mo. UN AMIGO TUYO ME DIJO QUE AHÍ TENÍAMOS UN COMPUESTO, TÚ QUÉ LE DIRÍAS?

Ao. Que no

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque si fuera compuesto, las moléculas del agua y las moléculas de la cal se unirían y formarían sustancias con propiedades diferentes y aquí no. El agua sigue siendo agua y la cal sigue siendo cal.

Mo. ¿CÓMO SABES ESO?

Ao. Porque se distinguen las dos fases.

Mo. EN EL CASO DEL AGUA CON EL AZÚCAR, ¿DÓNDE QUEDÓ?

Ao. (La acerca). Es una mezcla.

Mo. ¿POR QUÉ ES UNA MEZCLA AHÍ, SI NO SE DISTINGUEN LAS FASES?

Ao.

Mo. ¿CÓMO DISTINGUES UNA MEZCLA DE UN COMPUESTO?

Ao. Cuando te da como resultado una sustancia totalmente diferente, que al agua, por ejemplo el azúcar, las propiedades ya no son las mismas y forman un compuesto con propiedades diferentes.

Mo. HABER, VAMOS A PROBAR. ¿QUÉ TENEMOS EN EL VASITO ÉSTE?

Ao. Agua y cal.

Mo. TOMA OTRO VASO LIMPIO Y VACÍALE UN POQUITO DE SOBRENADANTE.

Ao. (Lo realiza).

Mo. ¿QUÉ ES ESO?

Ao. Agua

Mo. VAMOS A VER. ESTO QUE ESTÁ EN EL GOTERO ES SOLUCIÓN DE FENOFTALEÍNA Y NOS INDICA SI HAY UN COMPUESTO. AHÍ. LE VAS A AGREGAR DOS GOTITAS Y OBSERVAS. ANTES, PON AGUA EN OTRO VASO LIMPIO Y A CADA VASO LES VAS A PONER DOS GOTAS DE FENOFTALEÍNA.

Ao. (Lo hace primero en el agua, agita y no hay ningún cambio observable. Luego lo hace con el sobrenadante e inmediatamente se observa el cambio de coloración a rosa fucsia) Ao. Era agua con cal, no solamente agua.

Mo. AHORA TOMA UN POPOTE, INTRODÚCELO AL AGUA Y SOPLA CON INTENSIDAD.

Ao. (Expira con fuerza hasta que el color fucsia desaparece).

Mo. ¿QUÉ PASÓ AHÍ?

Ao. Cambió de color. El indicador reaccionó con el aire y cambió de color.

Mo. ¿ENTONCES QUÉ HABRÁ EN EL VASITO AHORA?

Ao. Un compuesto.

Mo. ¿SERÁ IGUAL O DIFERENTE AL QUE TÚ TOMASTE DEL SOBRENADANTE?

Ao. Diferente porque ocurrió una reacción y formó un compuesto nuevo.

El indicador primero reaccionó con la mezcla, se puso color lila y al ponerle aire, lo que estaba de color lila reaccionó con el aire y dio como resultado esto.

Mo. ENTONCES, ¿LA FENOFTALEÍNA DÓNDE QUEDÓ?

Ao. Aquí, en esto.

Mo. ¿Y POR QUÉ YA NO LA PODEMOS VER?

Ao. Porque según yo esto es un compuesto y tiene propiedades diferentes, no tiene el mismo color.

Mo. ¿QUÉ ES LO QUE TÚ LE ECHASTE CON AYUDA DEL POPOTE?

Ao. Aire, oxígeno.

Mo. ¿PROBAMOS HABER SI ESTÁ O NO LA FENOFTALEÍNA AHÍ?

Ao. Sí

Mo. ¿EN CASO DE QUE LA FENOFTALEÍNA SE ENCUENTRE AHÍ, TAL COMO CUANDO LA ECHASTE, ES DECIR, SI NO REACCIONÓ CON TU EXPIRACIÓN, DEBE DAR COLOR SI LE PONEMOS OTRO CHORRITO DE SOBRENADANTE EH?

Ao. Sí (lo hace). Ahí está todavía.

Mo. ¿ENTONCES HABÍA REACCIONADO O NO?

Ao. No.

Mo. ¿ENTONCES POR QUÉ DESAPARECIÓ EL COLOR?

Ao. Porque se mezcló.

Mo. BIEN, EN LAS MEZCLAS QUE HICISTE AL PRINCIPIO ¿POR QUÉ HICISTE ESAS Y NO OTRAS? ¿POR QUÉ SÓLO MEZCLASTE DOS COSAS A LA VEZ? POR EJEMPLO ÉSTA DE SAL Y AZÚCAR.

Ao. Ah, porque se parecían

Mo. LUEGO PUSISTE HARINA CON SAL ¿POR QUÉ?

Ao. También para distinguir los granos de la sal de los de la harina.

Mo. LUEGO PUSISTE LIMADURA EN AGUA.

Ao. Es que era más obvio, se distinguen más fácil.

Mo. CONOCES ALGUNA OTRA MEZCLA QUE HAYAS VISTO EN TU CASA, EN LA CALLE...

Ao. Sí, la leche

Mo. ¿LA LECHE ES UNA MEZCLA?

Ao. Ajá.

Mo. ¿POR QUÉ PIENSAS QUE LA LECHE ES UNA MEZCLA?

Ao. Mmm porque me lo enseñaron en la escuela.

Mo. ¿NO TE IMAGINAS POR QUÉ?

A. Sí, porque tiene muchas sustancias y esas sustancias ahí están tal y como son nada más que no tienen, por ejemplo, el agua tiene sus mismas propiedades y eso, el calcio también tiene sus mismas propiedades y eso, y no están químicamente juntas y no están, son las mismas moléculas ahí, están unidas ahí, juntas, sin estar entrelazadas.

Mo. ¿OTRO EJEMPLO DE MEZCLA QUE CONOZCAS?

Ao. La sangre.

Mo. ¿POR QUÉ LA SANGRE?

Ao. También por lo mismo.

Mo. ¿TE DIJERON EN LA ESCUELA QUE LA SANGRE?

Ao. Sí

Mo. DIME OTRO EJEMPLO QUE NO TE LO HAYAN DICHO EN LA ESCUELA.

Ao. Haber... ..

Mo. QUÉ MATERIAS SON LAS QUE MÁS TE GUSTAN Y LAS QUE NO TE GUSTAN O GUSTARON CUÁLES SON?

Ao. Matemáticas, me gusta química.

Lo que no me gusta es ética, lógica tampoco me gustó, análisis histórico no me gustó.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao.. No sé, porque eso de aprender fechas como que no...me gusta más, por ejemplo cómo sacar esto y con las fórmulas que lo tenga que sacar, por ejemplo si vemos una ecuación sabemos que en vez de multiplicar podemos sumar y hacer varias cuentas, no que en lógica y en historia tiene que ser lo mismo, así tal y como es.

No sé, como que las cosas de memoria, sí me las aprendo, pero no me gusta.

MIRA, AQUÍ TENEMOS VARIOS MATERIALES, CREO QUE TODOS CONOCIDAS POR TI.

Ao. Parece que sí.

Ao. Esto no, ...

Mo. ESO ES LIMADURA DE HIERRO, DE ESA QUE SACAN DE LA REBABA EN LOS TORNOS.

LO PRIMERO ES QUE TÚ HAGAS LAS COMBINACIONES QUE DESEES CON LO QUE TIENES A LA VISTA; PARA ESO TIENES UNOS VASOS Y UNAS CUCHARITAS.

Ao. ¿Como yo quiera? O sea nada más...combinando qué tantas cosas..las que yo quiera o una sola, o dos,

Mo. LAS QUE TÚ QUIERAS

Ao. Harina, luego sal. Un poquito de cal y azúcar

Mo. AJÁ

Ao. Voy a echarle tantita de agua

Mo. LO PUEDES HACER CON EL VASO

Ao. Y hasta ahorita es todo lo que se me ocurre aquí.

Mo. PUDIERAS HACER OTRA? ¿ESO QUE ES?

Ao. Alcohol etílico, glicerina, y limadura de hierro.

Ao. Lentejas, arroz, azúcar y hay dos tipos de sal las dos disculpen el cochinerito

Mo. UNO MÁS SI QUIERES SI QUIERES PUEDES HACER CON MAS...

Ao. Limaduras de hierro, agua, grava, harina.

Mo. BIEN ¿CÓMO LE LLAMARÍAS A ESO QUE HICISTE?

Ao. Mezcla

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE SON MEZCLAS?

Ao. Porque estoy combinando distintas sustancias, distintas cosas.

Mo. TODAS LAS COMBINACIONES DE DISTINTAS COSAS SON UNA MEZCLA?

Ao. Cuando, sí, cuando se juntan todas en un solo lugar; yo diría que sí

Mo. ¿HAY ALGUNA SIMILITUD ALGUNA DIFERENCIA EN ESAS MEZCLAS?

¿QUÉ ENCUENTRAS EN COMÚN O DE DIFERENTE EN ELLAS?

Ao. Hay unas que están, hay unas como esas que parecen homogéneas, de la misma forma quedó y otras donde quedan separadas las sustancias, no quedan juntas no se mezclan del todo

Mo. ¿A ESAS COMO LAS LLAMARÍAS?

Ao. Como me han dicho en las clases de química anteriores, homogéneas y heterogéneas en donde no se mezclan; aquí por ejemplo: el arroz y la sal, las encuentro distintas, heterogéneas.

Mo. AHORA VAS A TOMAR UN VASITO, LE VAS A ECHAR AGUA, LA MITAD UN POQUITO MÁS; TOMAMOS CON LA PUNTITA DE LA CUCHARA SAL DE LA FINITA, LA VAS A DEPOSITAR AHÍ EN EL AGUA, LA VAS A REVOLVER Y VAS A OBSERVAR LO QUE ESTÁ SUCEDIENDO AHÍ,

REVUELVE BIEN ¿QUIERES PONER UNA HOJA PARA QUE SE FAVOREZCA LA OBSERVACIÓN?

Ao. Gran parte de la sal desapareció, se disolvió en el agua, quedan poquitos granitos que, ah, no; ya no, se disolvió toda.

Mo. ¿CUANDO TÚ DICES QUE SE DISOLVIÓ QUÉ QUIERES DECIR?

Ao. Que la sal se convierte, pasa a ser parte del agua, pero en...solamente en más pequeño, son los granitos de sal.

Mo. ¿SON MÁS PEQUEÑOS LOS GRANITOS DE SAL? ¿TÚ LO CREES ASÍ?

Ao. Sí, pues si los quisiéramos poner en la lumbre, quedarían los granitos ahí abajo, como granitos.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE LOS GRANITOS VAN A QUEDAR AHÍ ABAJO SI EVAPORAS EL AGUA?

Ao. Ya he hecho el experimento yo, entonces se evapora el agua y disuelvo con azúcar el agua, se evapora el agua y queda el azúcar con la sal

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE SE EVAPORA EL AGUA Y QUEDA LA SAL? ¿ESO NO TE LO HAS PREGUNTADO?

Ao. Me lo he preguntado y no me lo he respondido todavía exactamente a qué se deba.

Mo. ¿QUE CREES QUE PASA, A VER TÚ TRATA DE EXPLICAR POR QUÉ LA SAL NO SE VA CON EL AGUA CUANDO ÉSTA SE EVAPORA?

Ao. Haber, yo puedo pensar que el agua tiene un punto de fusión a los cien grados centígrados; a esa temperatura, el agua se evapora, yo creería que la otra sustancia como la sal tiene un punto de fusión más alto, entonces a los cien grados centígrados se evapora el agua; sin embargo, todavía la sal sigue estando ahí, esa es una respuesta que me he dado, pero nunca estoy completamente seguro.

Mo. ¿ESTAS HABLANDO DE PUNTO DE FUSIÓN?

Ao. Sí, del calor

Mo. AHORA ¿CÓMO LE LLAMARÍAS A ESO? ¿QUÉ TIPO DE MEZCLA SERÍA O COMPUESTO? ¿QUÉ ES AHORITA?

Ao. Es una mezcla homogénea, donde no se diferencia dónde está el agua y dónde está la sal.

Mo. ¿POR QUÉ ES UNA MEZCLA?

Ao. Porque combiné dos sustancias diferentes: el agua y la sal.

Mo. BIEN, AHORA VAMOS A PONER TANTITA LIMADURA DE HIERRO AHÍ MISMO. SI QUIERES, TOMA UNA CUCHARA SECA, PERO ANTES DE QUE LO VACÍES ME VAS A DECIR ¿QUÉ CREES QUE VAYA A PASAR AL PONER LAS LIMADURAS EN EL AGUA CON SAL?

Ao. Gran parte, la mayor parte de las limaduras de hierro se van a quedar en el fondo y otras, por estar más como polvo, le van a dar color al agua transparente.

Mo. BUENO PERO ¿POR QUÉ UNAS SE VAN IR AL FONDO Y OTRAS LE VAN A DAR COLOR AL AGUA?

Ao. No sabría explicar exactamente, pero, porque creo, las partículas grandes de la limadura de hierro, las partes más grandes, se van a quedar en el fondo porque...no. Hay sustancias que no se disuelven por completo en el agua; y yo creo que el hierro no se disuelve, pero hay unas que están en polvo, pero que ya

que si las partículas de las partes chiquitas que están en polvo van a quedar disueltas y le van a dar un pequeño color al agua.

Mo. PERO, NO TODAS LAS SUSTANCIAS SE VAN DISOLVER ¿TE HAS PREGUNTADO POR QUÉ?

Ao. Ideas que se me han ocurrido: es por su estructura a como están constituidas las sustancias, pero yo nunca me he podido explicar eso, lo que usted me está diciendo, y si me pusiera a explicar batallaría mucho, pero voy a tratar de batallar; yo dije que hay unas sustancias que no se disuelven, algunas que por el tamaño algunas son grandes y otras no se disuelven.

Mo. PODRÍAS PONER UN GRANITO MÁS PEQUEÑO QUE EL ARROZ: UN GRANITO DE ARROZ, UNO DE SAL Y OTRO DE HIERRO.

SI VAMOS AL TAMAÑO ¿CÓMO SE COMPORTARÍAN EN ESA AGUA QUE TIENES AHÍ? HABER, AHÍ ESTÁ LA SAL, EL ARROZ Y EL HIERRO.

Ao. Por conocimiento cotidiano, yo digo que el arroz se va a quedar en el fondo y la sal se va ... dije que a diluir, o no, a disolver, el granito de fierro también se va a ir al fondo y no se va a disolver.

Mo. ¿POR QUÉ SI ES MÁS CHIQUITO? DECÍAS QUE POR EL TAMAÑO. A VER ¿CÓMO LO EXPLICAS ESO?

Ao. Pues aquí, la parte que está más chiquita es el pedacito del fierro, pero no se disuelve, entonces ya entré en contradicción que no es el tamaño, yo diría que una sustancia se disuelve.. porque... me pongo a pensar...

Mo. ¿QUIERES QUE PROBEMOS TU HIPÓTESIS?

Ao. (El granito lo echó adentro del vaso con agua)

Mo. ¿QUÉ PASÓ AHÍ? A VER, DEPOSITA LOS TRES, AGITAMOS Y LUEGO HABER QUÉ TANTO TIEMPO TE LLEVA LO QUE TU DECÍAS.

Ao. Todavía está el granito de arroz ahí.

Mo. LO PUEDES REVOLVER MÁS FUERTE.

Ao. Sí, ya se disolvió, ahí quedó el granito de arroz y el pedacito de hierro.

Mo. ENTONCES TOMA UN POCO DE LIMADURAS DE HIERRO ¿QUÉ PASÓ AHÍ? ¿QUÉ PASÓ AHÍ CON LO QUE TU DECÍAS?

Ao. Algunas partes...

Mo. AGÍTALE, AGÍTALE FUERTE, AGÍTALE MÁS ¿QUÉ PASÓ AHÍ? ¿CÓMO TE EXPLICAS ESO?

Ao. Pues se quedaron en el fondo las partes de la limadura de hierro, porque están más pesadas, parece que están más pesadas que el agua, por eso se fueron al fondo.

Mo. EN ESTE CASO, ¿CONSIDERAS QUE EL PESO INFLUYE PARA QUE SE VAYA AL FONDO Y NO SE DISUELVA?

Ao. Sí, el peso.

Mo. HACE UN MOMENTO DIJISTE QUE ERA EL TAMAÑO, AHORA DICES QUE EL PESO.

Ao. Se pueden combinar y pueden ser: el peso y el tamaño.

Mo. QUISIÉRAMOS QUE LO PROBÁRAMOS. DE NUEVO UN GRANITO MUY PEQUEÑO DE HIERRO, UN GRANO DE SAL QUE SEA MÁS PESADO. ¿QUÉ PESA MÁS, LA SAL O EL HIERRO QUE TIENES AHÍ?

Ao. La sal.

Mo. VAMOS A VER SI EL PESO ESTÁ ORIENTANDO A QUE UNA SUSTANCIA NO SE DISUELVA O NO SE PRECIPITE. REVOLVEMOS FUERTEMENTE A VER ¿QUÉ PASA? ¿TÚ CREES QUE SE VA A DISOLVER EL GRANITO DE HIERRO QUE ECHASTE?

Ao. No creo que se vaya a disolver.

Mo. ¿Y LA SAL?

Ao. La sal sí.

Mo. ¿PERO SI AGITAS?

Ao. Si agito, vamos a ver si no se satura de sal.

Mo. ¿QUE QUIERES DECIR CON QUE SE SATURA?

Ao. Que se llena de sal el agua.

Mo. ¿CÓMO TE LO IMAGINARÍAS QUE SE LLENA DE SAL EL AGUA, ESO SUENA INTERESANTE.

Ao. Que el agua ya no puede aceptar más, ya no se disuelve más, si se echa un poco de sal, ya no se va a disolver, ya está saturada y estoy buscando cómo explicarlo, todavía no me llega, batallo para explicarlo.

Mo. NO IMPORTA, TU DIME LO QUE CREAS QUE PASA.

Ao. Podría decir que el agua ya no tiene capacidad para disolver más sal, pero no me puedo explicar eso, de verdad.

Mo. ESO NO ME DICE NADA

Ao. Yo sé, que no dice nada, estoy seguro y es que no puedo explicarlo, por lo mismo.

Mo. BUENO, PODRÍAS DIBUJAR UN ESQUEMA DE CÓMO TE IMAGINAS EL AGUA SATURADA. HABER, AQUÍ TIENES UNA HOJA. SUPONIENDO QUE LA SAL SON BOLITAS BLANCAS Y EL AGUA SON BOLITAS NEGRAS. DIBÚJALO DE MODO QUE YO PUEDA VER LO QUE ESCRIBES.

Ao. Es que así estoy acostumbrado.

Mo. ¿ESO QUE ES?

Ao. Estoy poniendo el líquido, los puntitos serían la sal, normalmente son más pequeños; aquí los estoy aumentando mucho.

Mo. ¿ESA SERÍA LA SAL? EN UNA MEZCLA SATURADA, DICES. MUY BIEN. AHORA DIBÚJALO CUANDO NO ESTÉ SATURADA. ¿CÓMO SE VERÍA?

Ao. Bueno, no se ve normalmente, nomás lo que nos estamos imaginando.

Mo. BUENO, CÓMO SERÍA SI TE LO IMAGINAS?

Ao. La pura agua, sin nada.

Mo. ¿Y LA SAL CÓMO LA MANIFIESTAS AHÍ GRÁFICAMENTE?

Ao. Si no está saturada?

Mo. PERO YA LE ECHASTE SAL.

Ao. Pudiera decir que los puntitos en los espacios están más separados. Ahí no estaría saturado.

Mo. CUANDO ESTÁ SATURADA ¿ERA LLENO?

Ao. Ah, bueno, aquí en los vasitos no se puede observar cuándo está saturada y cuándo no.

Mo. TÚ CONSIDERAS QUE SI YO QUISIERA TENER EL AGUA, LA SAL Y EL HIERRO, CADA UNO, TAL CUAL ESTABAN ANTES DE MEZCLARLOS, PUDIERA?

Ao. Yo creo que sí.

Mo. ¿QUÉ SUGIERES?

Ao. Primero evaporar el agua, para que quede la sal, entonces ya nada más va a quedar el hierro y la sal, los granitos de sal. Y después, separar la sal de las limaduras de hierro.

Mo. ¿CÓMO LOS SEPARARÍAS?

Ao. Pues así, agarrando pedacitos de hierro, para acá, y la sal aparte [MUEVE SUS MANOS EJEMPLIFICANDO].

Mo. ¿PERO SI ESTÁN MUY CHIQUITOS?

Ao. Ah no... entonces... ¿cómo separar una mezcla?...no me acuerdo cómo se hace eso.

Mo. NO SE TRATA DE QUE TE ACUERDES, ES UNO DE LOS PROBLEMAS QUE TIENES QUE RESOLVER AHORA.

Ao. Bueno, tengo tres sustancias: agua, sal y fierro; primero paso el agua de un lugar a otro botecito, pero poniendo un...cómo se llama? haber si me acuerdo; para destilar el agua, podría ser un...una malla muy finita que nada más deje pasar el agua y que queden los granitos.

Mo. ¿UN PAPELITO?

Ao. Podría ser, nada más me queda la limadura de hierro; en este botecito quedaría la limadura.

Mo. ¿ES MÁS FÁCIL ASÍ?

Ao. Pues no sería lo más fácil, pero es lo más fácil que me llega.

Mo. AHORA VAS A PESAR. EN UN VASITO VAS A PESAR 100 GRAMOS DE AGUA.

Ao. ¿Cómo chingados le hago?...con esto lo regulo...y ahí están 100 gramos.

Mo. AHORA VAS A PESAR 10 GRAMOS DE AZÚCAR.

Ao. 10 gramos de azúcar con una cucharita...ahí está.

Mo. AHORA VACÍAS EL AZÚCAR EN EL AGUA Y AGITAS. SE ME OCURRE PREGUNTARTE ¿QUÉ PASARÍA SI NO AGITARAS, SI DEJAS EL AZÚCAR AHÍ?

Ao. Se quedaría el azúcar en el fondo, así como está ahorita, así se queda.

Mo. ¿Y SI AGITAMOS?

Ao. Se va a disolver el azúcar en el agua.

Mo. ¿POR QUÉ SE DISUELVE SI AGITAS?

Ao. Al oscilar, el movimiento de los granitos de azúcar y con el movimiento ahí y el rozamiento del agua ahí mismo adentro, se disuelve el azúcar en el agua.

Mo. ¿LO HACEMOS? PON UNA CUCHARITA DE AZÚCAR. ¿SI EN LUGAR DE AGUA A LA TEMPERATURA AMBIENTE HUBIÉRAMOS USADO AGUA CALIENTE QUE HUBIERA PASADO?

Ao. Se hubiera disuelto más pronto.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Deje buscar la razón...¿por qué se disuelve más rápido en el agua caliente y en la fría no?...aquí todavía quedan granos

Mo. SIGUE AGITANDO

Ao. Agua caliente... nunca he podido resolver eso y si me lo quisiera imaginar sería por la misma temperatura que hace que el agua esté en movimiento por el calor y al estar en movimiento el agua, aunque sea muy pequeño el movimiento,

ahí mismo mueve las moléculas de azúcar y las disuelve más pronto que el agua fría.

Mo. SIGNIFICA QUE SI USAS AGUA CALIENTE, ECHAS EL AZÚCAR Y NO AGITAS ES POSIBLE QUE SE DISUELVA?

Ao. Sí.

Mo. AHORA, SI ESA AGUA DONDE YA EL AZÚCAR SE DISOLVIÓ, LA CUBRES DE MANERA QUE NO ENTRE NI SALGA NADA Y LO GUARDAS POR MESES ¿QUE PASARÍA?

Ao. No estoy seguro, pero me imagino que el azúcar se va a volver a juntar y se va a asentar en el fondo otra vez.

Mo. ¿A QUÉ CREES QUE SE DEBA ESO O POR QUÉ CREES QUE SE DA ESTO?

Ao. Si lo deajo en alguna parte?

Mo. SÍ, BIEN TAPADITO, LO DEJAS ASÍ COMO OLVIDADO.

Ao. Ah no, no le pasa nada, porque no va estar expuesto a agentes externos el agua y como es mezcla homogénea donde el azúcar ya es parte del agua, a la temperatura en que está y sigue a la misma temperatura y el mismo ambiente, no va a pasar nada.

Mo. ¿Y SI LE PUSIERAS CALOR?

Ao. Es posible que el agua se evapore ahí mismo adentro, y si está tapado levanta la tapa, si hay mucho vapor la tapa saldría disparada.

Mo. ¿Y SI LA PONES EN AGUA MUY FRÍA, EN HIELO?

Ao. Las partículas se juntarían, las partículas volverían a juntarse y se asientan en el fondo.

Mo. SI SE DEJA ASÍ SOLO, SIN TEMPERATURA NI NADA.

Ao. No le pasa nada, no habría cambios.

Mo. ¿POR QUÉ NO HABRÍA CAMBIOS?

Ao. Pues al no haber cambios afuera en el ambiente en que está, va a seguir siendo como está.

Mo. ENTONCES ¿QUÉ DIJISTE QUE ERA ESTO, EL AGUA CON EL AZÚCAR?

Ao. Mezcla homogénea.

Mo. ¿TÚ CONSIDERAS QUE PODEMOS TENER EL AZÚCAR FUERA DEL AGUA COMO LA TENÍAMOS ANTES DE MEZCLARLA?

Ao. Sí.

Mo. ¿QUE SUGERIRÍAS?

Ao. El método para tener el agua...el método de destilación.

Mo. ¿EN QUE CONSISTE?

Ao. No recuerdo los nombres de los aparatos. Se pone en un matraz, el agua con la mezcla, la solución; la mezcla homogénea se calienta y se evapora, pasa a través de un tubo, ese tubo se enfría, el vapor que pasa por ahí y ese vapor se viene en pura agua, al enfriar ese vapor cae gota a gota en otro frasquito; lo que se evapora es pura agua, lo que sale, gotita a gotita; y nada más queda azúcar.

Mo. EN ESTE CASO ¿POR QUÉ NO SE VA EL AZÚCAR CON EL AGUA CUANDO PONES A CALENTAR LA MEZCLA? ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE SE VA NADA MÁS EL AGUA Y EL AZÚCAR QUEDA?

Ao. Lo que había dicho antes, el punto de fusión de una temperatura; hay sustancias que pasan de un estado a otro. Es una temperatura donde el agua se

evapora y puede que las demás sustancias permanezcan todavía en su estado sólido.

Mo. AHORA, ME GUSTARÍA QUE DIBUJARAS; HACE UN RATO DIBUJASTE EL COMPORTAMIENTO DE LA SAL Y EL AGUA.

AHORA EL AZÚCAR, ASÍ COMO ESTÁ, ¿CÓMO TE LO IMAGINARÍAS SUPONIENDO QUE EL AZÚCAR SON BOLITAS NEGRAS.

Ao. ¿De la misma forma?

Mo. EN ESTE CASO, NO ESTAMOS HABLANDO DE UNA SOLUCIÓN SATURADA, COMO HACE RATO ¿VERDAD?

Ao. ¡No! Hay muchas partículas de azúcar, pero todavía hay espacios en el agua.

Mo. SI DIBUJARAS CON BOLITAS ¿CÓMO QUEDARÍA EL AGUA CON EL AZÚCAR?

Ao. Está al natural.

Mo. ¿POR QUÉ NO PODEMOS VER EL AZÚCAR AHORA?

Ao. Porque son partículas muy pequeñas que están disueltas en el agua. Puedo continuar dibujando bolitas? Así me lo imaginé yo; sin tener ninguna explicación especial, sino que las partículas de azúcar están entre el agua.

Mo. PERO PEGASTE ALGUNAS PARTÍCULAS DE AZÚCAR CON EL AGUA.

Ao. ¡No! Están como entre medio. Están dispersas.

Mo. TÚ CONSIDERAS QUE ASÍ ES COMO SE COMPORTAN EL AGUA Y EL AZÚCAR CUANDO ÉSTA SE DISUELVE?

Ao. Sí.

Mo. ¿TE ACUERDAS CUÁNTO PESASTE DE AGUA Y DE AZÚCAR?

Ao. De agua 100 gramos y de azúcar 10 gramos.

Mo. AQUÍ YA PUSISTE EL AZÚCAR, YA SE DISOLVIÓ, AHORA ¿CUÁNTO VAN A PESAR?

Ao. 110 g.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque son los 100 gramos del agua y aparte los 10 gramos de azúcar; yo creo que pesaría así; primero, respondiendo rápido.

Mo. ¿Y PENSÁNDOLO?

Ao. Pensando, no estoy muy seguro; a lo mejor pesa poquito menos.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Pues, a lo mejor el azúcar al disolverse no aumenta mucho la masa del agua y el peso del agua podría quedar igual.

Mo. ¿Y EL DEL AZÚCAR?

Ao. Esa sería parte del agua, no contaría.

Mo. ENTONCES ME PODRÍAS DECIR MÁS O MENOS ¿CUANTO PESARÍA, PESÁNDOLO BIEN?

Ao. Unos 100 gramos.

Mo. ¿CÓMO LO EXPLICAS ENTONCES?

Ao. El azúcar le da cierto peso, pero no completo al agua; los 10 gramos de azúcar dentro del agua, no son exactamente 10 gramos más.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR ESO?

Ao. De que el azúcar no va a pesar lo mismo en el agua, se va a hacer más ligero; es que el agua no va a sufrir cambio al echar el azúcar, el peso va a seguir siendo

el mismo que tenía el agua, no creo que suba el peso del agua con el azúcar.
Hasta ahí puedo llegar, no puedo, no sé, es que no puedo explicarlo más.
Mo. ¡MUCHAS GRACIAS!

A TU ALREDEDOR TIENES VARIOS VASITOS CON DIVERSAS SUSTANCIAS DE USO COMÚN. OBSÉRVALAS Y DIME SI HAY ALGUNA QUE NO CONOZCAS. A UN LADO TUYO HAY VARIOS VASITOS Y CUCHARAS LIMPIOS. EN ELLOS REALIZA LAS COMBINACIONES QUE DESEES.

Ao. Agua, sal; le echo poca porque siempre me gusta que se disuelva toda, cuando menos hacer el intento y agito.

Cal con agua (agita hasta disolver toda la cal). Voy a ver si me da bien la coloración así con sustancias más cotidianas. (Le agrega solución de fenoftaleína)

Mo. ¿POR QUÉ TE DA ESE COLOR?

Ao. Porque la cal es un hidróxido, bueno, la cal con agua es un hidróxido y los hidróxidos son bases y la fenoftaleína es un indicador que me dice que hay presencia de un hidróxido. Si le echo al agua, no pasa nada. Mmm

Ao. Grava, le voy a echar agua, igual, no pasa nada. Mmm

Ao. Quiero ver qué pasa con la harina y glicerina. Nunca había hecho esto. (agita y observa detenidamente).

Ao. Se me antojó hacerlo con azúcar. Azúcar y glicerina. (tiene bastante cuidado de dejar perfectamente tapado el frasco cuando lo desocupa). Voy a echar más azúcar. Voy a echar lentejas (continúa agitando al ir incorporando los ingredientes)

Mo. ESAS COMBINACIONES QUE HICISTE ¿CÓMO LES LLAMARÍAS?

Ao. A todas?

Mo. TÚ DICES

Ao. Ésta es una mezcla: sal con agua; la grava con el agua, la glicerina con harina; la glicerina con azúcar. El agua con la cal sería un compuesto)

Mo. ¿QUÉ TIPOS DE MEZCLAS CONOCES?

Ao. Dos: heterogéneas y homogéneas

Mo. EN ESTE CASO, ¿TENDRÍAS DE LAS DOS MEZCLAS?

Ao. Sí. Como traté de echar poco para disolverlo bien, son más homogéneas (harina con glicerina; . Ésta es heterogénea (azúcar, glicerina y lenteja; agua y grava)

Mo. ¿QUÉ DISTINGUE A UNA MEZCLA HOMOGÉNEA DE UNA HETEROGÉNEA?

Ao. En las mezclas homogéneas se nota una sola fase. No se notan los componentes. No puedo distinguir aquí que hay estos dos. En la mezcla heterogénea, en cambio, sí alcanzo a ver que puse el agua y la grava. En ésta, yo sé que hay glicerina y harina, se disolvió muy bien la harina, por eso digo que es homogénea. En la heterogénea, por ejemplo, la lenteja la distingo bien.

Mo. ¿POR QUÉ DICES QUE ESTAS SON MEZCLAS?

Ao. Porque no hay una reacción química; los componentes que hay aquí siguen siendo iguales, no formaron algo nuevo. Los puedo separar por métodos físicos.

Mo. EN EL CASO DE LA CAL Y EL AGUA, DICES QUE SE FORMÓ UN COMPUESTO ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE SE FORMÓ UN COMPUESTO?

Ao. Porque usé la fenoftaleína; si la hubiera usado sólo con el agua, no hubiera dado la coloración tan rápido.

Mo. HUBIERA TARDADO LA COLORACIÓN ¿QUIERES DECIR?

Ao. Pues la verdad no lo he comprobado, pero lo voy a hacer. No da, porque es neutra, el agua. Y al echar la cal, el agua ya reaccionó con la cal y formó un hidróxido.

Mo. ¿QUÉ TAL SI LE SOPLAS USANDO UN POPOTE INTRODUCIDO EN EL LÍQUIDO? ¿QUÉ CREEES QUE VAYA A PASAR?

Ao. Mmm puedo usar más fenofaleína para marcar más la coloración? (lo hace) tiene que desaparecer la coloración ¿verdad?

Ao. Se está formando un polvo muy ligero. Está desapareciendo la coloración.

Mo. ¿POR QUÉ CREEES QUE LA COLORACIÓN EMPIEZA A DESAPARECER?

Ao. Está desapareciendo el hidróxido de calcio y era lo que le daba la coloración.

Mo. ¿Y QUÉ LE PASÓ A LA FENOFTALEÍNA? ¿QUÉ ESTÁ PASANDO CON ELLA?

Ao. Pues al no haber hidróxido, ya no tiene función. Es un indicador solamente de presencia de hidróxidos.

BUENO, VAMOS A HACER OTRO EJEMPLO Y VAMOS A RETIRAR ESOS VASITOS QUE YA USASTE. AHORA, VAS A TOMAR UN VASO LIMPIO, LE VAS A PONER LA MITAD DE AGUA, MEDIA CUCHARADITA DE SAL Y VAS A AGITAR MUY BIEN.

Ao. (Agita)

Mo. ¿AHÍ QUÉ ES LO QUE SE ESTÁ FORMANDO?

Ao. Una mezcla.

Mo. ¿CONOCES OTROS TIPOS DE MEZCLAS?

Ao. Aparte de heterogénea y homogénea?

Mo. Sí, PERO MEZCLAS QUE HAYAS HECHO EN TU CASA, QUE HAYAS VISTO EN ALGÚN OTRO LADO...

Ao. Ah, ya sé. Una limonada, ... qué otra mezcla ... cuando hago masa para tortillas, también...este...mmm

Mo. ¿CUANDO TÚ DICES MEZCLA, MENTALMENTE QUÉ TE EVOCA?

Ao. Que no va a pasar nada con los componentes que yo tengo. Aunque no pueda notar la diferencia en el caso de la mezcla homogénea, van a estar ahí, pero van a seguir siendo los mismos.

Mo. ESTO QUE HICISTE ¿QUÉ ES? (agua y sal)

Ao. Mezcla homogénea.

Mo. ¿SI TÚ NO LE HUBIERAS REVUELTO QUÉ HUBIERA PASADO CON LA SAL?

Ao. Se hubiera precipitado, decantado, asentado.

Mo. SI EN LUGAR DE USAR AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE LA HUBIERAS USADO FRÍA, ¿QUÉ HUBIERA PASADO CON LA SAL?

Ao. Se va al fondo, también.

Mo. ¿Y SI USAS AGUA CALIENTE?

Ao. Se disuelve

Mo. ¿POR QUÉ EN AGUA CALIENTE SE DISUELVE Y EN AGUA FRÍA NO?

Ao. Porque en agua caliente, las moléculas del agua están más separadas y permiten que lleguen las moléculas de la sal y se .. parezca una sola, mmm, no sé

Mo. ¿PODRÍAS REPRESENTARLO MEDIANTE UN DIBUJO, EN ESTA HOJA?

SUPONIENDO QUE EL AGUA SON BOLITAS BLANCAS Y LA SAL BOLITAS NEGRAS, CÓMO LO REPRESENTARÍAS?

Ao. (Dibuja en una hoja de papel).

Mo. ¿QUÉ PASARÁ SI AHORA LE ECHAS LA PUNTITA DE LA CUCHARA DE LIMADURA DE HIERRO?

Ao. Se va a ir al fondo.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE SE VA A IR AL FONDO?

Ao. Porque es muy pesado, un metal muy pesado

Mo. ¿QUÉ TAL SI LE ECHARAS LA MISMA CANTIDAD EN PESO, PERO DE AZÚCAR? ¿QUÉ VA A PASAR CON EL AZÚCAR Y QUÉ CON LA LIMADURA DE HIERRO?

Ao. La misma cantidad en peso?

Mo. SÍ ¿QUÉ PASARÍA AL VACIARLOS AL AGUA?

Ao. Los dos se iban a sedimentar. Pero si le revuelvo, la azúcar se iba a notar menos que la limadura de fierro.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque el azúcar se puede dividir, se puede hacer en partículas mucho más pequeñas con el agua que la limadura; la limadura, el tamaño que tiene va a seguir siendo igual.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE LA LIMADURA VA A SEGUIR IGUAL?

Ao. Porque, no, no, no va a hacer nada con el agua solamente va a estar ahí, cómo le diré...

Mo. VAMOS HACIÉNDOLO. COLOCA LA LIMADURA EN EL VASO CON AGUA Y SAL Y AGITA. ¿QUÉ PASÓ?

Ao. La misma cantidad en peso que el azúcar? la limadura sigue igual, quedó abajo.

Mo. BUENO, ¿A ESTO CÓMO LE LLAMARÍAS?

Ao. Es una mezcla heterogénea.

Mo. AHORA, ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS VOLVER A TENER EL AGUA, LA SAL Y LA LIMADURA DE HIERRO COMO ESTABAN ANTES DE JUNTARLAS?

Ao. Sí. Primero, como el hierro ya está sedimentado paso el agua a otro recipiente y trato de dejar el puro hierro en el fondo y luego para separar la sal del agua, por calentamiento. Con un matraz de destilación, se le pone un tubo refrigerante y en el otro extremo un recipiente. En el calentamiento se va a estar evaporando el agua, va a pasar por el tubo refrigerante, se va a condensar y va a caer en gotas en el recipiente.

Mo. ¿Y LA SAL?

Ao. Va a quedar en el matraz.

Mo. ¿POR QUÉ LA SAL NO SE EVAPORA CON EL AGUA?

Ao. Porque tiene un punto de ebullición mayor que el del agua. Tarda más en evaporarse que el agua. Se evapora a una temperatura más alta que el agua.

MUY BIEN, VAMOS A HACER OTRO. PARA ESO VAMOS A OCUPAR LA BÁSCULA. VAS A PESAR 10 GRAMOS DE AZÚCAR Y 100 GRAMOS DE AGUA, POR SEPARADO.

Ao. (Revisa que la balanza esté en equilibrio, luego pesa el papel y mueve las

pesas para pesar los 10 gramos de azúcar. Hace lo mismo para pesar el agua).
Mo. AHORA LOS VAS A JUNTAR, VAS A AGITAR Y A OBSERVAR LO QUE SUCEDE.

¿TÚ CREES QUE AHÍ PODRÍAMOS DISOLVER TODO EL AZÚCAR QUE QUERAMOS?

Ao. No.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque se iba a sobresaturar la solución en un momento dado. Iba a llegar el momento en que ya no se disuelva el azúcar.

Mo. ¿QUÉ QUIERES DECIR CUANDO DICES SOBRESATURADA?

Ao. El agua puede disolver el azúcar, pero si hay demasiado azúcar va a llegar el momento en que el agua va a ser poca para poder disolver tanta azúcar.

Mo. PERO, ¿POR QUÉ?

Ao. Sí, si yo echo mucha azúcar no voy a poder disolverla toda (sonríe)

Mo. ¿DIGAMOS QUE AHÍ ECHAMOS CINCO CUCCHARADAS?

Ao. Sí.

Mo. DIGAMOS QUE PONEMOS CUATRO CUCCHARADAS MÁS.

Ao. Sí.

Mo. ¿HASTA QUÉ CANTIDAD VA A PODERSE DISOLVER EL AZÚCAR?

Ao. Pues hasta que el agua ya no pueda, ya no tenga espacio para soportar más azúcar entre sus moléculas.

Mo. ¿QUÉ PASARÍA SI YO GUARDARA ESTE VASITO CON EL AZÚCAR DISUELTO BIEN TAPADITO POR MUUUCHO TIEMPO? ¿QUÉ PASARÍA CON EL AZÚCAR?

Ao. Se va a sedimentar.

Mo. SI NO HUBIERAS AGITADO AL PONER EL AZÚCAR EN EL AGUA ¿QUÉ HUBIERA PASADO?

Ao. No se hubiera disuelto. A lo mejor en mucho tiempo.

Mo. ¿CÓMO?

Ao. No se hubiera disuelto, si no se hubiera agitado no se hubiera disuelto.

Mo. ¿POR QUÉ? ¿QUÉ ES LO QUE HACE LA AGITACIÓN? ¿CUÁL ES EL EFECTO DE LA AGITACIÓN QUE PERMITE QUE SE DISUELVA EL AZÚCAR EN EL AGUA?

Ao. Mmm, pues, creo que hacer más pequeñas las partículas del azúcar, darles más espacio.

Mo. TE ACUERDAS CUÁNTO PESASTE DE AGUA?

Ao. 100 gramos.

Mo. ¿Y DE AZÚCAR?

Ao. 10 gramos.

Mo. AHORA QUE YA DISOLVISTE EL AZÚCAR EN EL AGUA ¿CUÁNTO CREES QUE PESE EL AGUA CON EL AZÚCAR DISUELTO?

Ao. Serían, pienso que 110 gramos.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE PESARÍAN 110 GRAMOS?

Ao. Pues es... creo yo que es lo más lógico. Si tengo una cantidad y le agrego otra cantidad, se suman, pero quisiera comprobarlo, no me quiero quedar con la duda. (pesa)

Mo. ESO ES TODO. GRACIAS.

LO QUE VAMOS A HACER PRIMERO, Y TÚ LO VAS A HACER, SON COMBINACIONES CON ESTO QUE TIENES AQUÍ A LA VISTA. PARA ESO TIENES AQUÍ UNOS VASOS LIMPIOS Y PUEDES IR TOMANDO LO QUE CREAS CONVENIENTE.

Ao. Mmm, ¿lo que yo guste?

Mo. Sí.

Ao. ¿Y de todo lo que yo quiera?

Mo. SI, NADA MÁS VAS MENCIONANDO LO QUE VAYAS VACIANDO EN EL VASITO.

Ao. ¿Y cuantas tengo que hacer?

Mo. LAS QUE QUIERAS ¿QUÉ PUSISTE AHÍ?

Ao. Cal, voy a poner limadura de fierro.

Mo. CAL Y LIMADURA DE FIERRO.

Ao. Y le pongo graba.

Mo. AHORA, GRABA, BIEN. ACERCA LOS VASITO SI GUSTAS, LOS PUEDES MOVER.

Ao. Así.

Mo. MUY BIEN.

Ao. Harina [vaciado en otro vaso], y le pongo azúcar.

Mo. ESO.

Ao. Y...¿puedo usar el agua? [vacía agua en el mismo vaso].

Mo. Sí.

Ao. Y una... no; de ésta mejor, una pizquita de sal. ¿Puedo tomar esto? (agitador).

Mo. SI.

Ao...y le ponemos mucha sal.(sal con agua)

Mo. A LO QUE ACABAS DE HACER, ¿CÓMO LE LLAMARÍAS? ¿QUÉ SON ESAS COMBINACIONES QUE HICISTE?

Ao. Pues algunas son mezclas. Como por ejemplo, el hecho de ponerle agua, bue.. perdón, sal al agua, es hacer una mezcla, eso me pareció una simple receta de cocina, añadirle harina, un poquito de sal, un poquito de azúcar. Y eso simplemente para ver, qué color era el que daba ¿no? a la hora de...

Mo. Sí?

Ao. De mezclar, la cal con el agua y la limadura.

Mo. ENTONCES DICES QUE ALGUNAS SERÍAN MEZCLAS ¿LAS OTRAS QUÉ SERÍAN?

Ao. No, pues el caso es que, el hecho de que, estábamos combinando sustancias diferentes y estamos haciendo mezclas, pero nada más. Visto desde un punto de vista, es decir, de la carrera, una mezcla propiamente sería esto (sal con agua).

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque estamos mezclando dos sustancias de diferentes fases, una es sólida, otra es líquida y las mezclamos.

Mo. ENTONCES, PROPIAMENTE DICHA ¿UNA MEZCLA ES CUANDO COMBINAS UN SÓLIDO Y UN LÍQUIDO?

Ao. No, no necesariamente, sino que son dos fases diferentes.

Mo. ¿DOS DIFERENTES?

Ao. Para mí, un punto de vista práctico es cuando unes dos sustancias diferentes, para mí eso es una mezcla.

Mo. EN ESTE CASO UNISTE ARROZ Y LENTEJA ¿CÓMO LE LLAMARÍAS A ESTO?

Ao. Una combinación, simplemente se me ocurrió.

Mo. BUENO, ¿ESO NO ES UNA MEZCLA, ES UN COMPUESTO O QUÉ ES? ¿O ES UN ELEMENTO?

Ao. Pues sería, a como lo pone, sería una mezcla ¿no? Porque un elemento, o sea, si fuera un elemento serían sustancias iguales, o sea, sería igual. Eso es un elemento, y esto no es, entonces son sustancias de naturaleza diferente.

Mo. ¿ESTO QUE SERÍA?

Ao. Eso sería una mezcla.

Mo. UNA MEZCLA, ¿QUÉ TIPO DE MEZCLAS CONOCES?

Ao. Ay, no recuerdo.

Mo. A VER, ¿ÉSTA MEZCLA ES IGUAL A ESTA?

Ao. No

Mo. ES IGUAL A ÉSTA?

Ao. No

Mo. Y ÉSTA?

Ao. No

Mo. BIEN

Ao. Ésta es una solución.

Mo. ESA ES UNA SOLUCIÓN.

Ao. Sí, es una solución.

Mo. POR TANTO ¿NO ES MEZCLA?

Ao. Sí

Mo. ¿CÓMO DISTINGUES UNA SOLUCIÓN DE UNA MEZCLA? ¿POR QUÉ CUANDO TE PREGUNTO SI ES UNA MEZCLA TÚ ME DICES QUE ES UNA SOLUCIÓN?

Ao. Una solución es lo que se está diciendo, cuando mezclamos un sólido en un líquido y podemos disolver perfectamente bien el sólido. En este caso, yo traté de hacerla sobresaturada, queriendo hacer un poquito exageradas las cosas.

Mo. ¿ÉSTAS SON MEZCLAS O SON COMPUESTOS? ESTAS DOS.

Ao. Son mezclas.

Mo. TODAS SON MEZCLAS.

Ao. Un compuesto es ya cuando estamos hablando de, cómo le diré, que hay un intercambio, ya es algo a nivel químico cuando ya hay reacción entre las sustancias. Por ejemplo, en esta caso si yo dejo reposar esta solución, se va a depositar en el fondo la sal y el agua se va separar, después de cierto tiempo, por el hecho de estar sobresaturada.

Mo. ¿SI NO?

Ao. Si estuviera más, como le diré, como menos saturada entonces pues tal vez se batallaría un poquito más para dejarlo que se, que se separe.

Mo. BIEN. ENTONCES ÉSTA MEZCLA ES DIFERENTE DE ESTA.

Ao. Sí.

Mo. POR SER DIFERENTES ¿A ÉSTA COMO LE LLAMARÍAS Y A ÉSTA CÓMO PARA DISTINGUIRLAS? ¿O CUÁL ES LA DIFERENCIA VISIBLE QUE NOTAS ENTRE UNA Y OTRA?

Ao. Visible, ésa sería más fácil de separar, que ésta. O sea, en ésta ya por el hecho de usar el agua estamos tratando de incorporar los, los ingredientes bien o sea, en lo que es la, la mezcla, que ya sería muy difícil, hasta imposible decir voy a separar la harina (del azúcar, agua y sal) y obtenerla de la manera que la tenía simplemente vaciándolos como se pueda, en cambio en éste (arroz y lentejas) si yo me doy a la tarea con una cuchara yo puedo separar todos los granos y meterla en una, en un recipiente todos los granos de arroz, ¿no?.

Mo. ¿PERO A LA VISTA?

Ao. A la vista, a la vista esto se nota que son dos sustancias diferentes que simplemente están en el mismo recipiente y en ésta hasta incluso podría parecer ser la misma sustancia como que tiende a ser otra sustancia.

Mo. MUY BIEN, ENTONCES ¿COMO LAS DIFERENCIARÍAS POR NOMBRE? ¿ÉSTA QUE TIPO DE MEZCLA SERÍA? Y ÉSTA ¿QUE TIPO DE MEZCLA SERÍA?...

...¿NO RECUERDAS?

Ao. No, no recuerdo.

Mo. MUY BIEN, VAMOS HACER OTRO EJERCICIO ENTONCES, RÁPIDO TE VAS A ACORDAR VAS A VER.

TOMAS UN VASITO, LE PONES MEDIO DE AGUA.

Ao. ¿Con esa?

Mo. ASÍ. UNA PUNTA DE UNA CUCHARA DE SAL, TANTITA, REVUELVES, OBSERVAS. ¿AHÍ QUE ESTA PASANDO CON LA SAL?

Ao. Se está disolviendo.

Mo. ¿Y SI NO LE AGITARAS QUE PASARÍA?

Ao. De todas maneras se disuelve porque es muy, es muy poquita.

Mo. PORQUE ES MUY POQUITA, BUENO Y PORQUE ES MUY POQUITA ¿QUÉ ES LO QUE HACE QUE SE DISUELVA?

Ao. O sea, se incorpora pero no, no se incorpora perfectamente en el líquido, o sea, logra entrar en lo que es las moléculas del líquido y se disuelve.

Mo. LOGRA ENTRAR EN LAS MOLÉCULAS DEL LÍQUIDO, COMO TE LO IMAGINARÍAS GRÁFICAMENTE, SI YO TE PIDO QUE LO DIBUJES AQUÍ. DIBUJAS EL VASITO Y UNAS BOLITAS BLANCAS SERÍAN EL AGUA Y UNAS BOLITAS NEGRAS LA SAL. ¿COMO SE INCORPORARÍA LA SAL AL AGUA?.

Ao. ¿La sal al agua?

¿Una bolita blanca sería?

Mo.EL AGUA

Ao. El agua, ¿puedo dibujar tres, tres moléculas?

Mo. Si

Ao. Pues no sé, para mi sería más o menos así.

Por el hecho de que tienen cargas, ¿no?, o sea, la molécula de sal tiene cargas y la del agua también, entonces hay como atracción entre ellas.

Mo. ¿SI LLENARAS EL VASITO DE ARROZ?. ¿LA SAL ESTARÍA ASÍ?

Ao. Si. Lo voy a hacer.

Mo. MUY BIEN. ¿ESO QUE SERÍA?, EL AGUA CON LA SAL.

Ao. Es una solución

Mo. UNA SOLUCIÓN

Ao. Una mezcla, simple.

Mo. UNA MEZCLA SIMPLE.

MUY BIEN ¿QUÉ PASARÍA SI TE PIDIERA QUE LE ECHARAS LA PUNTITA DE LA CUCHARA DE HIERRO? ANTES DE ECHARLE, POR FAVOR DIME ¿QUE CREES QUE PASE?.

Ao. Se va a notar perfectamente, o sea, dónde está el hierro en el agua.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Por, o sea tanto por el color, por, la forma del hierro a pesar de que tiene granitos, o sea, es de, de otro aspecto diferente a la sal.

Mo. AJÁ. ¿QUÉ VA A PASAR CON EL HIERRO?

Ao. Va a quedar en el fondo del...

Mo. ¿EN EL FONDO DEL VASO?

Ao. Sí, eso creo yo que va a pasaría.

Mo. ¿POR QUÉ?.

Ao. Porque es muy pesado tal vez.

Mo. ¿LA SAL NO QUEDÓ EN EL FONDO? ¿POR QUÉ PIENSAS QUE EL HIERRO SI VA A QUEDAR EN EL FONDO?

Ao. Será más pesado?

Mo. ¿SERÁ MAS PESADO? ¿ESO CREES? ¿POR QUÉ?

Ao. No, o sea, por el simple hecho de que es hierro, ¿no?, es más pesado y como es metal y se queda hasta abajo.

Mo. SI TU PESARAS LA MISMA CANTIDAD DE HIERRO Y LA MISMA CANTIDAD DE SAL, EN PESO, SERÍA LA MISMA CANTIDAD, ¿ENTONCES SI SE DISOLVERÍA EL HIERRO?.

Ao. No, yo creo que no, creo que no, creo que las propiedades del no, de todas maneras, o sea, tal vez se disolvería pero yo lo vería, o sea, yo sabría que, incluso si usted me lo diera yo creo que miraría el hierro ahí, o sea diría: esto tiene algo.

Mo. PERO ME DICES QUE TAL VEZ SE DISOLVERÍA.

Ao. Ajá.

Mo. ¿POR QUÉ DUDAS?

Ao. No sé, o sea, por la, no sé, por la misma, como le digo, o sea, para mi la estructura, por decir el hierro es, no sé, su consistencia, su, no sé, no sé.

Mo. ¿LO QUIERES VER?

Ao. Sí.

Mo. PUEDES AGITAR INCLUSO ¿QUÉ PASÓ?

Ao. No se disuelve.

Mo. TENIAS RAZÓN ¿TÚ CREES QUE PODEMOS VOLVER A TENER DE MANERA SEPARADA EL AGUA, LA SAL Y EL FIERRO, ASÍ COMO ESTABAN ANTES DE HABERLOS JUNTADO.

Ao. Sí.

Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE SÍ?

Ao. Las mismas propiedades que tienen las sustancias, simplemente el hierro, no se disolvió, yo lo puedo dejar un ratito y lo puedo decantar, o sea, pasar el agua con la sal a otro recipiente y en éste me va a quedar el hierro y en cambio, como la sal ya se disolvió bien en el líquido, batallaríamos un poquito más, aparte de

que es muy poquita cantidad, tendríamos que calentar para el evaporar el agua y que en el fondo nos quedara el residuo de sal en caso que lo quisiéramos separar.
Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE LA SAL VA A QUEDAR Y NO SE VA A IR JUNTO CON EL AGUA?.

Ao. Por los diferentes puntos que tienen de fus, de ebullición. El agua va a quedar, el agua se va a evaporar y el residuo va a quedar y es la sal.

Mo. ¿Y CÓMO RECUPERAS EL AGUA LÍQUIDA?

Ao. No puedes, o por medio de... en jalándole ese equipo le puedes más que nada, con un equipo destilación cuando salgan los vapores, inyectarle por medio de, en el refrigerante agua y se recupera el agua líquida inmediatamente.

Mo. MUY BIEN. ¿TU CREES QUE TENEMOS ALGÚN ELEMENTO QUÍMICO AHÍ?

Ao. Si hay varios.

Mo. CUÁLES?

Ao. Tenemos hierro, sodio y cloro que componen la sal y luego hidrógeno y oxígeno que componen el agua, además de que eso sería ver si es pura agua lo que tenemos ahí, porque nada más en el agua ya hay sueltos electrolitos como podemos tener más sodio, más potasio, calcio o algunos otros.

Mo. MUY BIEN. CUANDO DICES ELEMENTO QUÍMICO ¿EN QUÉ ESTÁS PENSANDO?

Ao. En un átomo.

Mo. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO QUÍMICO?

Ao. Son átomos de las mismas, que tienen las mismas propiedades, que comparten el mismo peso atómico, una forma, tienen ciertos, como le decía cierta configuración electrónica. Así es si yo hablo por ejemplo, yo me imagino si yo hablo de un átomo de hidrógeno, de un elemento, del elemento hidrógeno me estoy imaginando dos átomos de hidrógeno que tienen solamente un electrón y esos están, en la naturaleza, los encontramos de dos en dos.

Mo. UN ELEMENTO DE HIDRÓGENO SON DOS ÁTOMOS?

Ao. Ah no, eso ya sería una molécula, perdón, los encontramos en forma diatómica en el ambiente.

Mo. EN EL AMBIENTE...

Ao. Pero en sí, en sí, el elemento es el hidrógeno y solamente tiene un electrón con un peso molecular de 1.

Mo. VAMOS A HACER OTRO EJERCICIO. TOMAMOS LA BALANZA Y VAS A PESAR 100 GRAMOS DE AGUA EN UNO DE ESOS VASITOS QUE TIENES

Ao. 100 gramos?

Mo. Sí.

Ao. Ok.

Mo. AHORA VAS A PESAR 10 GRAMOS DE AZÚCAR.

Ao. Ya está.

Mo. AHORA LOS VAS A JUNTAR

Ao. Los tengo que agitar.

Mo. ¿AHÍ QUÉ ESTÁ PASANDO CON EL AZÚCAR?

Ao. Algunas de ellas se están disolviendo en el líquido.

Mo. ¿QUE HUBIERA PASADO SI EN LUGAR DE A UNA TEMPERATURA AMBIENTE HUBIERAS USADO AGUA FRÍA?

Ao. Se hubiera tardado más en disolver?

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Cuando hay temperaturas más bajas las moléculas tienden a estar más juntas, entonces batallaríamos más para incorporar las moléculas del azúcar al agua, pasa lo contrario cuando es agua caliente, como que las moléculas tienden a separarse, entonces es más fácil disolver.

Mo. ENTONCES ¿EN QUÉ CONSISTE LA DISOLUCIÓN?

Ao. En que consiste...en tratar de incorporar una sustancia en otra y para ello va a depender tanto la temperatura que tenga la sustancia en que vamos a disolver como las propiedades del que vamos a, del soluto ¿no?, en este caso o de la sustancia que vamos a tratar de incorporar.

Mo. ¿Y QUÉ PROPIEDADES FACILITARÍAN LA DISOLUCIÓN EN AMBOS? PORQUE TÚ ESTÁS HABLANDO DE PROPIEDADES ¿CUÁLES SON LAS PROPIEDADES QUE FACILITARÍAN LA DISOLUCIÓN DE UNA SUSTANCIA EN AGUA?

Ao. Mm, pues como lo estábamos diciendo, la temperatura que tenga, o sea que sea más caliente o más helado.

Mo. NO, DEL SOLUTO.

Ao. Ah, perdón, del soluto, ah, que podría ser, o sea las características que tenga él, por ejemplo; cuando estábamos viendo la sal en el agua, ésta se hizo más fácil disolverlo porque la sal es polar, tiene carga y el agua también, entonces tiende a disolverse; no es lo mismo que si hubiera querido agarrar aceite y mezclarlo en el agua. Iguales con iguales se disuelven y diferentes con diferentes, o sea polares con polares y no polares con no polares.

Mo. ¿ESO ME INDICA QUE EL ACEITE SE DISUELVE O NO SE DISUELVE EN EL AGUA?

Ao. No, no se disuelve.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque no tiene cargas, es un compuesto no polar, entonces no puede incorporarse.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Es diferente, es una mat, es un compuesto orgánico no sé, no pueden disolverse a menos que apliquemos, como estábamos viendo, a menos que apliquemos una tecnología determinada para poder y aún así estamos haciendo suspensiones o sea no vamos a mezclar perfectamente.

Mo. BUENO, SÍ, PERO QUE ES LO QUE PERMITE, TÚ DICES SUSTANCIAS IGUALES SE DISUELVEN, POLAR CON POLAR, POLAR Y NO POLAR NO ES FÁCIL ¿POR QUÉ?

Ao. Por las cargas que tienen.

Mo. BUENO, Y LAS CARGAS QUÉ?

Ao. Como son polares las cargas, o sea, como explicarlo... el hecho de, por ejemplo, el agua y la sal como estábamos viendo, el agua tiene una carga, se atrae...

Mo. ¿PODRÍAS MÁS O MENOS EJEMPLIFICAR AHÍ ABAJITO, EN LA MISMA HOJA?

Ao. ¿Cuándo?

Mo. NO, LO QUE ESTAS DICIENDO DE LAS CARGAS Y ESO?

Ao. Más abajo?

Mo. NO IMPORTA QUE NO TENGA LA FÓRMULA, LO PUEDES HACER CON CÍRCULOS Y CARGAS.

Ao. Ajá.

Mo. MM. ¿NO?

Ao. No.

Mo. ¿QUE IMPLICA QUE TENGAN CARGAS, QUE SEAN POLARES, Y ESO CÓMO FACILITA LA DISOLUCIÓN?

Ao. Mediante o sea, por ejemplo, una parte de la molécula del agua tiene una carga negativa y una carga positiva, entonces eso va a atraer la molécula. Por ejemplo, está el caso de la sal, el sodio es positivo y el cloro negativo entonces se tienden a atraer, y eso va a permitir que la, que la, como le diré, "jala" y permite la disolución de ellos, yo creo.

Mo. BUENO, ¿TÚ QUÉ CREES QUE PASARÍA EN ESTE VASITO CON EL AZÚCAR DISUELTA SI LO CUBRIMOS PERFECTAMENTE Y NO DEJAMOS QUE SALGA NADA, DE ADENTRO, Y LO DEJAMOS POR MUCHO TIEMPO GUARDADO, ¿QUÉ VA A PASAR CON EL AZÚCAR QUE ESTÁ AHÍ DISUELTA?

Ao. Por el tiempo?

Mo. SÍ, POR EL TIEMPO.

Ao. Tal vez llegar a separarse, o sea a formarse acá abajo la azúcar y la sal ahí o tal vez permanecería igual.

Mo. ¿POR QUÉ TAL VEZ ESTO PORQUE TAL VEZ LO OTRO?

Ao. Porque nunca lo he hecho, o sea, nunca se me ha ocurrido decir: voy a ver que pasa si pongo azúcar con agua y la voy a dejar ahí un rato y a ver si se separa o no se separa.

Mo. ¿HIPOTÉTICAMENTE QUÉ CREES QUE PODRÍA PASAR? ¿Y POR QUÉ? HABER, PRIMERO DIJISTE QUE ES PROBABLE QUE EL AZÚCAR TIENDA A DEPOSITARSE EN LA PARTE DE ABAJO, A VER ¿QUE TE HACE PENSAR QUE EL AZÚCAR CON EL TIEMPO VA A IR BAJANDO Y SE VA A DEPOSITAR ABAJO?

Ao. No sé, del reposo tal vez o tal vez que a pesar de estar ahí son sustancias diferentes y pudiera haber una separación entre ellas.

Mo. ESA ES UNA PRIMERA EXPLICACIÓN A UNA PRIMERA AFIRMACIÓN. LUEGO DIJISTE: BUENO, A LA MEJOR NO. ¿POR QUÉ CREES QUE NO SE VAN A BAJAR LAS MOLÉCULAS DE AZÚCAR?

Ao. Tal vez porque como no va a haber ningún cambio, me está diciendo que no le vamos a hacer nada al sistema, lo vamos a dejar así...

Mo. VA A ESTAR EN REPOSO.

Ao. Va a estar en reposo nada más.

Mo. OTRA PREGUNTA ¿SI HUBIÉRAMOS AGREGADO EL AZÚCAR Y TÚ NO HUBIERAS AGITADO ¿QUÉ HUBIERA PASADO CON EL AZÚCAR?

Ao. No se hubiera mezclado, no se hubiera disuelto.

Mo. ¿POR QUÉ CREES QUE NO SE HUBIERA DISUELTO?

Ao. O tal vez, como le dije, tal vez se hubiera disuelto una parte, pero una parte.

Mo. UNA PERSONITA, UN AMIGO TUYO ME DIJO QUE NO HABÍA NECESIDAD DE AGITAR, QUE DE CUALQUIER MANERA EL AZÚCAR SE IBA A DISOLVER. ¿TÚ QUE PIENSAS?

Ao. Completamente?. Yo digo que depende de que tanto le pongamos de azúcar o que tanto le pongamos...

Mo. ¿LA CANTIDAD QUE PUSISTE?

Ao. Yo digo que completamente no.

Mo. ¿TÚ CREES QUE PODRÍAMOS DISOLVER LA CANTIDAD QUE QUISIÉRAMOS DE AZÚCAR EN ESE VASITO?

Ao. No.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. No, por las mismas concentraciones, o sea, por eso que decimos que hay soluciones simples, soluciones saturadas y soluciones sobresaturadas. Cuando agregamos muchísima cantidad de soluto para ese solvente, ya no tiene un lugar donde acomodarlo, ya no tiene donde incorporarlo en su molécula, eso no se va a disolver, simplemente va a quedar ahí.

Mo. CÓMO TE IMAGINAS UNA SOLUCIÓN SOBRESATURADA? GRÁFICAMENTE.

Ao. De la cantidad de soluto, en este caso de la sal y el azúcar pues es mucho mayor que, que...

Mo. ESA SERÍA UNA SOBRESATURADA.

Ao. Que falta?

Mo. TODOS LOS ESPACIOS ESTARÍAN LLENOS DEL SOLUTO?

Ao. Del soluto.

Mo. Y EL CASO DE UNA SATURADA?

Ao. Sería en menor cantidad. Saturada, para mi el término significa que es el límite o sea aquí yo puedo disolver y hasta ahí, pero está disuelta y ya sobre esa clave es cuando ya hay cierto tiempo en el que ya.

Mo. ¿AQUÍ CÓMO SE MANIFESTARÍA GRÁFICAMENTE LO SOBRESATURADO?, EN ESTE CUADRO.

Ao. O sea, porque se supone que debe haber más ante el exceso de...

Mo. EN TODO EL VASITO?

Ao. En todo, en todo. Sobre la superficie, incluso hasta depositado en el fondo.

Mo. ¿EN EL CASO DE LA SATURADA?

Ao. Más o menos igual, pero en menor cantidad.

Mo. ¿TAMBIÉN HABRÍA EN EL FONDO?

Ao. No, tal vez en el fondo no, pero estaría bien disuelto por todo lo que es todo el vasito, no habría muchas moléculas de soluto, pero sin llegar al extremo de decir "mtch" ya se depositó porque ya no halla donde acomodarse donde ya no halla donde disolverse.

Mo. ESTE CASO QUE DIBUJASTE PRIMERO ¿QUÉ TIPO DE DISOLUCIÓN SERÍA?

Ao. Una disolución simple, normalita donde el disolvente es mayor su concentración de lo que tenemos de soluto.

Mo. AHÍ NO HABRÍA SATURACIÓN?

Ao. No.

Mo. MUY BIEN, BUENO VAMOS A GUARDAR ÉSTE Y VAMOS A USAR UN NUEVO VASO. VAMOS A HACER EL ÚLTIMO. VAS A PONER AGUA Y MEDIA CUCHARADA DE CAL. ¿QUÉ CREES QUE SE VA FORMAR AHÍ?. REVOLVEMOS.

Ao. La cal se está disolviendo en el agua .
 Mo. LA CAL SE ESTA DISOLVIENDO EN EL AGUA. ENTONCES ¿QUÉ TENEMOS AHÍ?
 Ao. Pues una mezcla, una solución.
 Mo. ESTAS ADIVINANDO.
 Ao. No, no, una solución.
 Mo. UNA SOLUCIÓN? UN COMPAÑERO TUYO ME DECÍA QUE ERA UN COMPUESTO. ¿TÚ QUÉ LE DIRÍAS?
 Ao. Ah, sí, tiene razón.
 Mo. ¿POR QUÉ?
 Ao. Porque la cal, al contacto con el agua se va a hidratar.
 Mo. HIDRATAR, Y LUEGO?
 Ao. Y nos puede formar un hidróxido ¿no?, de calcio, un hidróxido de calcio.
 Mo. ¿EL AZÚCAR CON EL AGUA NO SE HIDRATA?
 Ao. Sí
 Mo. ENTONCES AHÍ ¿POR QUE NO HABLAMOS DE COMPUESTO?
 Ao. Porque no hay una reacción química presente; aquí como hay el intercambio de átomos, es lo que decimos una reacción.
 Mo. ¿QUÉ TE HACE PENSAR QUE AQUÍ HAY REACCIÓN Y EN EL AGUA CON AZÚCAR NO?
 Ao. Por el simple hecho de que tal vez si separamos, podamos separarlos como dijimos, el agua del azúcar y cuando hablamos de compuesto es una sustancia nueva que se forma, con propiedades diferentes a las que teníamos anteriormente.
 Mo. ¿Y QUÉ TE HACE PENSAR QUE ÉSTA ES UNA SUSTANCIA NUEVA?
 Ao. Primero, para saber si es nueva o no, tendríamos que hacerle pruebas, si cambió o no sus puntos de ebullición, sus puntos de fusión o si simplemente...
 Mo. BUENO, MIRA, AQUÍ TENEMOS FENOFTALEÍNA, ¿TÚ SABES PARA QUÉ ES?
 Ao. Es un indicador.
 Mo. ¿DE QUÉ?
 Ao. De color, de ácidos y bases.
 Mo. ¿ESTO QUE NOS INDICA?
 Ao. Si hay, cuando hay una transición en lo que es un ácido. Cuando estamos titulando, por ejemplo, nosotros vamos a usar fenoftaleína para saber hasta cuándo es donde tenemos que detener la titulación y saber qué tanta cantidad de dióxido tenemos que agregar para titular una determinada cantidad de ácidos.
 Mo. ¿QUÉ ES LO QUE INDICA LA FENOFTALEÍNA?
 Ao. Un cambio, un cambio en donde es una formación de un nuevo compuesto ¿no?. porque por ejemplo, cuando titulamos estamos viendo hasta qué punto llega la neutralización y neutralización es cuando hay formación de un nuevo compuesto.
 Mo. PERO HACE RATO DECÍAS QUE LA FENOFTALEÍNA ERA UN INDICADOR DE ÁCIDOS O BASES, EN ESTE CASO LA FENOFTALEÍNA ¿QUE NOS INDICA? SI HAY COLORACIÓN ¿QUÉ ESTÁ INDICANDO? ¿SI NO HAY COLORACIÓN QUE INDICA?
 Ao. No, no recuerdo.

Mo. VAMOS A VACIAR EN UN VASITO UN POQUITO DEL SOBRENARANTE (CAL Y AGUA) NADA MÁS.

Ao. Listo, ¿un poquito más?

Mo. UNO MÁS, Y LE VAMOS A AGREGAR FENOFTALEÍNA, UNA GOTITA, HABER QUÉ PASA ¿QUÉ PASÓ?

Ao. Tuvo reacción rosa

Mo. ¿QUÉ NOS INDICA?

Ao. Son de base? Lo que no recuerdo es qué es lo que indican los colores.

Mo. BUENO, DIGAMOS QUE ESTÁ INDICANDO QUE AHÍ SE FORMÓ UNA BASE. AHORA, SI TÚ LE SOPLARAS DE TU EXHALACIÓN AQUÍ ADENTRO, ¿QUÉ CREEES QUE PASARÍA?

Ao. ¿Cambiaría de color?

Mo. TÚ DICES QUE CAMBIARÍA DE COLOR, PERO ¿ES ALGO QUE OCURRE?

Ao. Simplemente cambiaría el color que tiene ¿no?

Mo. ¿QUE TE HACE PENSAR QUE VA A CAMBIAR DE COLOR?

Ao. El hecho de que tenemos agua aquí y de mi aliento lo que va a salir es CO_2 y si yo combino agua con CO_2 me va a dar un ácido.

Mo. ¿AGUA CON CO_2 TE VA A DAR UN ÁCIDO? ¿Y QUÉ VA A PASAR CON EL COLOR?

Ao. Ahí va a cambiar.

Mo. ENTONCES, DESAPARECIÓ EL COLOR. ¿QUÉ PASO AHÍ CON LA FENOFTALEÍNA?

Ao. Regresó a su color original, la fenoftaleína no reacciona con, pues cuando no sufre de un cambio químico, simplemente el cambio de coloración que tiene dependiendo si se encuentra en un medio ácido o en un medio base, por eso es que es un indicador.

Mo. ¿AQUÍ QUÉ ESTÁ INDICANDO?

Ao. Que lo que teníamos, con el CO_2 y el agua, se forma un ácido.

Mo. Y SI LE AGREGÁRAMOS MÁS LÍQUIDO SOBRENADANTE AQUÍ ¿QUÉ PASARÍA?

Ao. Llegaríamos a formar...una sal.

Mo. Y PARA PROBARLO ¿CÓMO LO HARÍAMOS?

Ao. Por medio de "conductividad" eléctrica podríamos saber si se trata de una sal o no.

Mo. NO HABRÍA CAMBIO DE COLOR YA?

Ao. No. Bueno sí, porque como tendríamos...no, creo que no. No porque ya tenemos ácido aquí y base. Y si solamente tuviéramos base o ácido, quizá sí.

Mo. ¿PROBAMOS?

Ao. ¡¡Sí cambió!!

Mo. ¿QUÉ PASÓ?

Ao. Cambió.

Mo. ¿POR QUÉ?

Ao. Porque, porque sobresaturamos más la solución con bases y vuelve a cambiar en presencia del indicador.

Mo MUCHAS GRACIAS