

Estudios originales y rigurosos, de interés general, que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

## Estudio longitudinal sobre la construcción de conceptos: enlace, solubilidad y conductividad

Ana E. Domínguez P.,<sup>1</sup> Marta Rodríguez P.,<sup>1</sup> Fernando Flores C.<sup>2</sup>  
y Leticia Gallegos C.<sup>2</sup>

### Abstract

This is a study oriented to search student's previous conceptions by a longitudinal sample of students at the School of Chemistry at the National University of Mexico (UNAM). The sample was integrated with students of 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> semesters. Their oral, written and graphic explanations about chemical bond, solubility and conductivity were recorded and analyzed. We found that the participants have already acquired the idea of discontinuous structure of matter but they haven't clearly constructed the chemical bonds. They are also confused about solubility and conductivity. It seems that in going into higher semesters they can mention new concepts without understanding previous ones which produces an increment in their general confusion.

La finalidad central de este estudio se orienta hacia la búsqueda de las concepciones previas de los estudiantes de licenciatura en Química de la Facultad de Química de la UNAM, acerca de conceptos cuya adquisición resulta indispensable para comprender el contenido de los cursos de Química Inorgánica Superior (Química Covalente, Química del Estado Sólido, Química de Coordinación y Química Organometálica).

Dentro del amplio espectro de los problemas de comprensión que tienen los estudiantes e inscribe el de reconocer las microestructuras de la materia y cómo éstas se manifiestan en relación con algunas características de su comportamiento que son perceptibles a nivel macro, como la solubilidad y la conductividad. Parece que un gran porcentaje de estudiantes no han adquirido aún los niveles de abstracción requeridos para captar conceptos como los seleccionados.

Los conceptos de este estudio (enlace, solubilidad y conductividad) pertenecen a la escala de conceptualización de lo micro en relación con partículas no perceptibles como entes aisladas pero que pueden inferirse con base en las manifestaciones macro de grandes conjuntos de ellas. Se consideró como central el concepto de enlace, pero se ubicó dentro de una red en la que se contemplan sus interrelacio-

nes con solubilidad y conductividad. Con base en el concepto de "enlace", se explican muchas de las características del comportamiento de la materia y estas explicaciones implican una concepción a nivel micro de la estructura de ésta.

Por otro lado, "enlace" es un concepto alrededor del cual se explican algunas características físicas de las sustancias como es el caso de las formas cristalinas, poliméricas y otras. Parece pues importante detectar las construcciones a las que los estudiantes de diferentes niveles de instrucción escolarizada han arribado y revisar si ocurre alguna evolución desde los primeros cursos hasta las etapas más avanzadas de la licenciatura.

### Antecedentes

La revisión bibliográfica en busca de antecedentes para este estudio muestra que hay escasas contribuciones sobre el tema y muy pocos trabajos en el nivel de educación terciaria. Si en algunos casos se menciona el concepto "enlace", éste no es central. Entre otros asuntos que se abordan en los trabajos revisados aparecen registrados con mayor frecuencia: dificultad de observación y percepción de los trabajos de laboratorio; uso inadecuado del lenguaje; problemas derivados de estrategias de enseñanza; comprensión errónea previa que obstaculiza el desarrollo de nuevos conceptos.

Al investigar sobre las concepciones acerca de la naturaleza de la estructura de la materia con estudiantes coreanos (Noh y Scharmann, 1997), encontraron que los estudiantes de ciencia de todas las edades tienen dificultades para comprender estos conceptos y el resultado es que poseen algunos conocimientos intuitivos y fragmentados. Entre otros, es notable que hay problemas con las construcciones acerca de la naturaleza de la materia ya que muchos estudiantes de los grados 2 y 4 hasta universidad, aplican características macroscópicas para explicar las de las partículas.

En su trabajo con estudiantes de bachillerato para identificar las ideas sobre solubilidad, Valdez (Valdez *et al.*, 1998) se encontró que algunos alumnos de tres grados diferentes mencionan que los factores que afectan a la solubilidad son también factores que "agilizan la reacción" con lo que se detectó la confusión en cuanto a considerar que la solubilidad es una reacción química.

Entre los puntos que sobresalen de los estudios antecedentes que se revisaron, se encontró que:

— El tema "enlace", cuando se menciona, no es central; es

<sup>1</sup>Departamento de Química Inorgánica y Nuclear. Facultad de Química, UNAM, 04510 México, D.F.

<sup>2</sup>Unidad de Pedagogía y Aprendizaje de la Ciencia. Centro de Instrumentos. UNAM.

**Recibido:** 19 de noviembre de 2001; **aceptado:** 27 de marzo de 2002.

reducido el número de trabajos que lo mencionan y lo consideran como importante para comprender la química.

- Las edades de los componentes de las muestras van de 14 a 19 años.
- Las aportaciones son limitadas y en algunos casos se llega a conclusiones a partir de un individuo (Harrison y Treagust, 2000), (Hart, *et al.*, 2000).
- Se menciona que el origen probable de muchas concepciones alternativas sería la falta de comprensión de conceptos previos y afines, así como de las interrelaciones entre ellos (Sanger y Greenbowe, 1997).
- Se afirma que los estudiantes de todas las edades tienen dificultades para comprender los conceptos y sólo lo logran adquirir algunos conocimientos intuitivos y fragmentados (Noh y Scharmann, 1997).
- Se propone que se realicen estudios con grupos de diferentes edades para detectar si hay variación en las concepciones alternativas acerca de los conceptos básicos de química (Noh y Scharmann, 1997).

Considerando todo esto se realizó el estudio longitudinal con estudiantes de licenciatura de 19 a 24 años y se decidió diseñar estrategias para detectar las concepciones alternativas acerca de “enlace” como concepto central y de algunos conceptos afines y sus interrelaciones.

Como medio para detectar las concepciones alternativas se emplearon experimentos sencillos como iniciador concreto para establecer el diálogo y para que fueran también una alternativa a la enseñanza experimental, entendida no como ejercicio de laboratorio impuesto, sino como un recurso para permitir el planteamiento de hipótesis que puedan analizarse para llegar a nuevas hipótesis y nuevos problemas y propiciar con ello un aprendizaje formativo.

### Metodología

Para recuperar la información producida por los integrantes de la muestra se trató de descubrir los modelos construidos a partir de sus formas propias de expresión verbal, escrita y gráfica. Para acceder al tema se decidió trabajar con experimentos sencillos a partir de los cuales los participantes pudieran realizar observaciones y explicaran lo ocurrido utilizando sus concepciones acerca del asunto.

### Conformación de la muestra

La muestra para este estudio longitudinal se conformó con tres estudiantes de cada uno de los semestres en estudio (1°, 3°, 5° y 7°), 12 en total, a quienes se seleccionó de manera aleatoria y se les invitó a participar voluntariamente en el estudio. Se eligió a estudiantes de la licenciatura en Química, ya que en el plan de estudios correspondiente se considera

una secuencia de asignaturas dentro de las cuales el tema “enlace” es fundamental.

Se eliminó a los semestres pares debido a que en ellos puede haber estudiantes que recurran las materias o bien seleccionan otras que no corresponden a la secuencia de las asignaturas.

Cuando se presentaron a la entrevista, lo cual hicieron de manera individual, se les dio una breve explicación acerca de lo que se esperaba de su contribución y todos accedieron a que se grabara y se procediera según lo planeado.

### Diseño de instrumentos guía

Para organizar la recuperación de la información se prepararon los instrumentos guía que se describen en seguida:

- guión de entrevista;
- instrucciones para realizar los experimentos, y
- diagrama base de la red conceptual.

El guión de la entrevista se integró con 18 preguntas: las tres primeras para solicitar la descripción y reconocimiento de las sustancias proporcionadas para que el entrevistado realizara el experimento, con el fin de tener un punto de partida concreto alrededor del cual mantener la conversación, y de allí partir hacia explicaciones teóricas, o bien un esfuerzo de imaginación tratando de explicar “aquello que no se ve” pero cuyos efectos se observan a nivel macro. Entre las instrucciones que el entrevistado debía seguir con la guía del entrevistador se dieron las siguientes:

1. Revisar las sustancias proporcionadas y hacer su descripción física.
2. Tratar de identificarlas y dar su nombre.
3. Probar la solubilidad de cada una en agua destilada.
4. Probar la solubilidad de cada una de ellas en tetracloruro de carbono.
5. Dibujar la forma física de cada uno de los sólidos y representarlos en disolución.
6. Probar la conductividad de los disolventes puros.
7. Probar la conductividad de cada uno de los solutos en agua y en tetracloruro de carbono.

### Red conceptual

Para diseñar la red conceptual de partida (Regis y Albertazzi, 1996) se revisaron una serie de términos relacionados con el tema y se seleccionó como central el enlace. Para establecer la correlación con otros conceptos se consideraron los términos: sustancia, partícula, molécula, átomo, fuerzas electrostáticas, electrones (ceder y compartir), covalente iónico. Todos estos términos y sus correlaciones se tomaron como aparecen en los libros de consulta más frecuentemente utili-

zados y se marcaron líneas y conectores para construir un diagrama que se consideró como básico y representante de lo mínimo que un estudiante de química de estos niveles ha de comprender. Por otra parte, la red conceptual propuesta (figura 1) se empleó para compararla con las correlaciones propuestas por los participantes (figura 9).

### Los experimentos

Se decidió trabajar con sustancias supuestamente conocidas por los entrevistados: cloruro de sodio, azufre en polvo, yodo, sacarosa (todas sólidas) y dos solventes: agua destilada y tetracloruro de carbono. Se seleccionaron estas sustancias debido a que presentan una gama de enlaces entre los que hay iónico, covalente y covalente polar. Su comportamiento en cuanto a solubilidad y conductividad puede explicarse en función de los enlaces y además son de fácil acceso en los laboratorios docentes.

La primera actividad que el participante realizó consistió en tratar de reconocer cuáles eran las sustancias que se les proporcionaron, de acuerdo con sus características y hacer un dibujo de cada una de ellas.

La segunda actividad consistió en tratar pequeñas porciones de las cuatro muestras (cloruro de sodio, azufre, azúcar y yodo) con agua destilada, observar si se disolvían o no y tratar de explicar por qué ocurría lo que se observó. Se pidió dibujar un esquema de cómo se encontraban en la solución las que sí se disolvieron.

El paso siguiente consistió en tratar pequeñas porciones de las muestras ahora con tetracloruro de carbono, observar y explicar igual que lo hicieron con las disoluciones en el agua.

Para continuar, se debía averiguar cuáles de las solucio-

nes, tanto las de agua como las de tetracloruro de carbono, tenían la capacidad de conducir la electricidad. Al anotar sus observaciones tratarían de explicar lo ocurrido argumentando por qué unas soluciones sí conducen y otras no, y apoyar sus explicaciones con esquemas y dibujos.

Al finalizar el experimento se les pidió resumir sus apreciaciones y sacar conclusiones.

### Metodología de la entrevista

Se optó por el método de entrevista clínica propuesto por Piaget (Piaget, 1978) como instrumento para diagnóstico, ya que permite que afloren las ideas acerca de lo que se estudia mediante:

1. Conversación directa con el entrevistado.
2. Conducción del entrevistado a la contrastación de las ideas, hipótesis y propuestas.
3. Observación directa de los comportamientos y procesos del entrevistado.

Sin embargo, esta técnica requiere de un entrenamiento especial que sólo se logra con la práctica. Resultó difícil borrar las directrices por parte del entrevistador para lograr escuchar verdaderamente lo que el entrevistado propone y luego analizarlo sin desviar con interpretaciones personales.

Un factor importante es poder imprimir a la entrevista un ambiente de reflexión y búsqueda de conocimiento para lograr una interacción carente de agresividad, nerviosismo y punitividad, y así evitar que se relacione la actividad con los exámenes tradicionales. Se trató de conservar el producto original de los razonamientos y explicaciones de los participantes.

### Recuperación y sistematización

Con el fin de tener un registro de las entrevistas se empleó grabación directa de ellas durante el desarrollo de cada sesión. A cada entrevista acudieron dos profesores: uno encargado de interactuar con el entrevistado directamente y el otro encargado de la grabación y observación.

Todas las entrevistas grabadas fueron transcritas y organizadas por semestre de estudios. En el análisis de este material se buscó identificar las características de las ideas centrales para establecer cómo describían las interrelaciones y a partir de sus propuestas se construyó una red conceptual.

Se reproducen a continuación algunos ejemplos del material recuperado en las entrevistas.

En el primer grupo los estudiantes se encontraban al término de primer semestre de licenciatura. Para detectar sus ideas acerca de la solubilidad se les pidió explicar el comportamiento de los solutos y, por ejemplo, Pedro comentó que “entre los dos **reactivos** hay un intercambio de iones, intercambian el catión con el anión, o sea que hay una

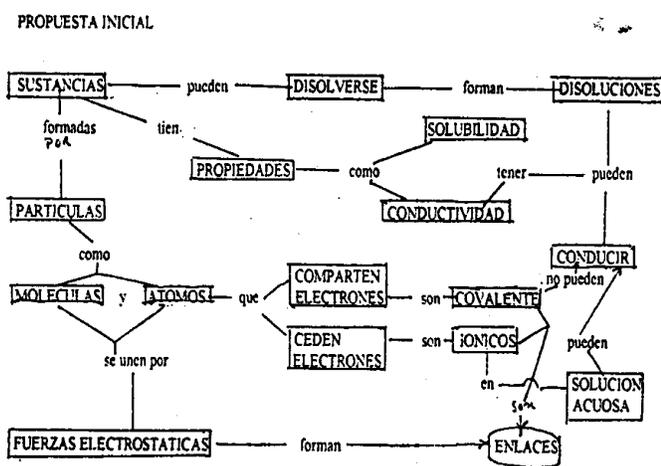


Figura 1. Red conceptual propuesta.

**reacción.** La solubilidad es la capacidad que tiene un compuesto o elemento de disociarse en agua”.

De acuerdo con esto pareciera que se concibe la disolución como una reacción química entre el soluto y el solvente.

En sus dibujos y esquemas emplean una aproximación al modelo de puntos de Lewis. Algunos entrevistados de este grupo dicen desconocer otro tipo de enlaces y en general se limitan a repetir definiciones literalmente, sin ir más a fondo en cuanto a características micro.

Entrevistador: ¿Conoces algunos tipos de enlaces?

Pedro: Covalente iónico, metálico, covalente polar.

Entrevistador: ¿Podrías decir qué tipo de enlace tienen las sustancias que se disolvieron en agua?

Pedro: En el primero es un enlace en el primero no lo puedo describir, el segundo es enlace covalente, el tercero no sé, igual el último y el cuarto de la serie uno y de la serie dos yo creo que el primero (NaCl) y el tercero (I<sub>2</sub>) también son enlaces covalentes (figura 2).

Al tratar de explicar la conductividad de la solución de cloruro de sodio, en contraste con las demás soluciones que no conducen la corriente eléctrica, así como para representar gráficamente el movimiento interno, los entrevistados de este grupo mencionaron los electrones y consideraron que éstos pasan de un lado a otro mediante las partículas del soluto, principalmente del sodio, ya que este ión es positivo y el electrón es negativo.

En el dibujo de Pedro se señala que los electrones pasan brincando de sodio en sodio hasta cerrar el circuito (figura 3).

En el caso de los alumnos del tercer semestre al referirse a la solubilidad del cloruro de sodio en agua, Juan explica que: los iones se separan: “Supongo que hay un intercambio de iones con las moléculas de agua, por las interacciones, porque es muy polar, entonces se separan las moléculas de agua y las de cloruro de sodio en iones”.

Cuando se le pidió que explicara lo que es una molécula polar dijo que no recordaba lo que era, pero una de sus partes

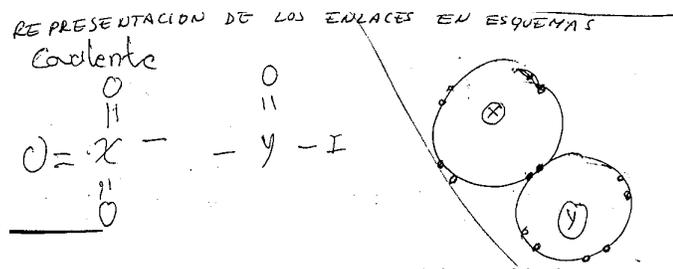


Figura 2. Concepto de enlace para Pedro, alumno del 1er. semestre.

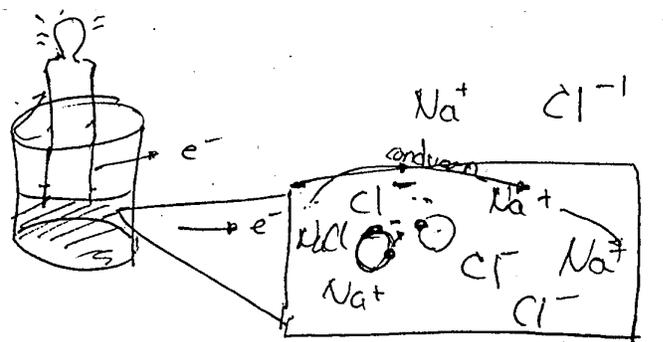


Figura 3. Conductividad en solución para Pedro, alumno del 1er. semestre.

tiene una carga parcial positiva y en la otra hay una carga parcial negativa.

Con respecto al tema de enlace en este mismo nivel, se observó que los entrevistados introducen la palabra enlace para tratar de explicar la solubilidad y la no solubilidad de las sustancias; utilizan términos como iónico, covalente polar y no polar, covalente coordinado, puentes de hidrógeno pero sin poder dar una explicación de lo que significan estos conceptos.

Entrevistador: ¿Qué tipo de enlaces hay en el agua?

Héctor: ¿Enlace del agua?, Eh, bueno, para un enlace iónico debe de haber una diferencia grande de electronegatividad, por lo cual el oxígeno es más electronegativo y el hidrógeno sería más electropositivo.

Entrevistador: ¿Qué entiendes por enlace iónico y por enlace covalente?

Héctor: Enlace iónico es la transferencia más bien es la ganancia de electrones en una reacción química, bueno, enlace covalente es la compartición de electrones en una reacción química, normalmente se da entre los no metales

En su dibujo Héctor señala a la corriente eléctrica circulando entre las partículas de la solución rumbo al foco, todas

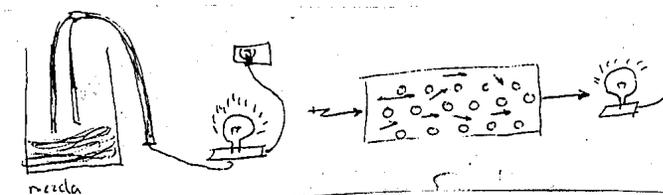


Figura 4. Conductividad en solución para Héctor, alumno del 3er. semestre.

en una misma dirección, los electrodos no tocan la solución que él indica como una mezcla (figura 4).

En el quinto semestre de estudios los entrevistados establecen una relación entre los tipos de enlace y la posibilidad de disolución, e introducen el fenómeno de la solvatación: “El cloruro de sodio se disuelve en agua porque se puede solvatar los que se disuelvan son por el enlace”.

En relación con la conductividad en este semestre se le solicitó a Socorro que explicara con dibujos lo que ocurre en las soluciones al paso de la corriente eléctrica. Al realizar su dibujo comentó: “Se cierra el circuito de la corriente que le ponemos aquí con los alambritos, aquí sería la entrada de un alambre y aquí sería la otra, entonces como tenemos electrones, se prende el foquito porque se cierra el circuito”. En su dibujo presenta moléculas de agua, disociación de cloruro de sodio y con una línea cierra el circuito pero no representa electrones (figura 5).

En el caso de Elena, del mismo nivel, se muestran en el dibujo iones sodio positivos e iones cloruro negativos y con una línea indica la trayectoria de los electrones que saltan de sodio a sodio y cierra el circuito (figura 6); en la explicación dice: “Se ponen aquí los electrodos, aquí andan las moléculas y pasa la corriente, como uno es positivo y el otro negativo, entonces hace que se cierre el circuito, pasando la corriente y es cuando prende el foco como están cargados unos positivamente y otros negativamente por eso andan por allí corriendo”.

Para el séptimo semestre en cuanto a solubilidad no está muy claro el concepto y aparece una confusión entre ionicidad y polaridad.

Entrevistador: ¿Cómo explicarías qué es la solubilidad?

Susana: Pues es como la tendencia a juntarse las moléculas o más bien a disociarse, o no no sé cómo llamarlo.

Entrevistador: ¿Cómo te lo imaginas? ¿Cómo lo dibujarías?

Susana: Estas dos que son solubles (se refiere al cloruro

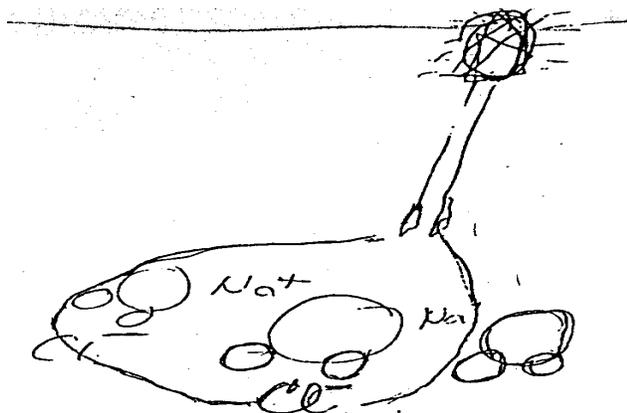


Figura 5. Conductividad en solución según Socorro, alumna del 5º semestre.

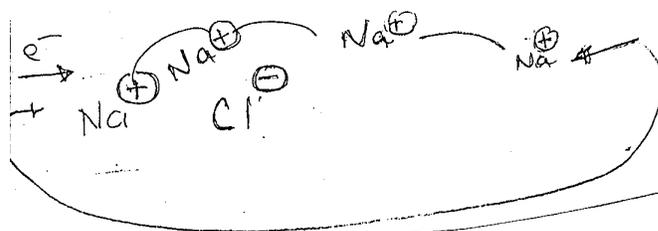


Figura 6. Conductividad en solución según Elena, alumna del 5º semestre.

de sodio y al azúcar) estarían muchas moléculas así dispersas en un mismo medio todas están así como flotando y por ejemplo en este caso (las no solubles) pasaría algo así como que las positivas de este lado y las negativas de éste... (figura 7).

En cuanto al tema de los enlaces, en este semestre se encontró que el grupo también trabajó con un modelo de imanes y repitió las definiciones y los tipos de enlace sin comprenderlos realmente.

Con respecto a la conductividad estos estudiantes también tienen confusiones similares a las de otros semestres:

Entrevistador: ¿Cómo te imaginas tú la corriente eléctrica?

Susana: Es un flujo de electrones.

Entrevistador: ¿Podrías dibujar ese flujo de electrones?

Susana: Pues es por ejemplo los electrones tienen carga negativa, si hay un campo, un campo eléctrico este, se separan, bueno o sea que precisamente porque las cargas están separadas conducen la corriente eléctrica. Como electrones así están brincando... los electrones tienen carga negativa y si hay un campo eléctrico, bueno, se separan los polos si los polos es que no sé como cuando se tiene un circuito o algo así que aquí hay una parte negativa y otra positiva bueno, los electrones fluyen de acá para acá (señala del positivo al negativo) (figura 8).

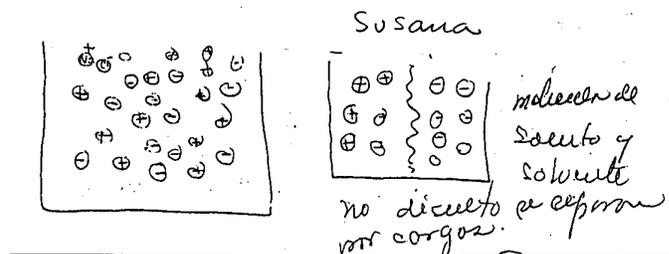


Figura 7. Representación de la insolubilidad de una sustancia según Susana, alumna del 7º semestre.

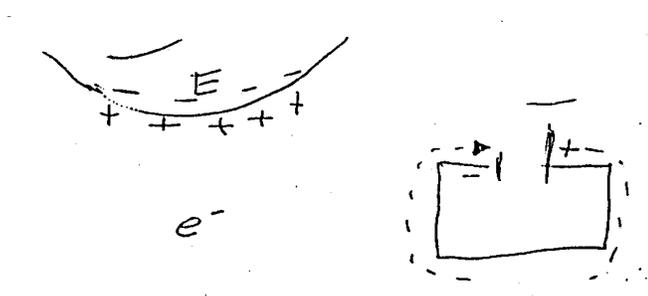


Figura 8. Conductividad según Susana, alumna del 7º semestre.

### Análisis

Se hicieron diversos acercamientos para el análisis de las transcripciones tratando de detectar las características de descripción, la estructura física que les asignaron y su representación gráfica. Se buscaron las explicaciones de la solubilidad y la representación gráfica de las sustancias dentro de la solución. Las menciones de enlaces y su representación gráfica fueron un punto muy importante a considerar. Las explicaciones acerca de la solubilidad y la conductividad eléctrica y la relación de ambas con los enlaces, así como la representación esquemática resultaron de gran apoyo para encontrar las construcciones de las ideas centrales de los participantes, como se muestra en la tabla 1.

En cuanto a la estructura micro de la materia según la representan en sus esquemas se puede detectar que:

- I. Mencionan iones y electrones.  
Los representan por círculos vacíos flotantes o bien con los símbolos de los elementos con su carga.  
La representación de los enlaces sigue un modelo aproximado al de puntos de Lewis.

- En un caso se representa el soluto prismático pero esta estructura no cambia al estar en solución.
- III. Mencionan iones y partículas.  
Los representan con círculos vacíos flotantes en un medio no indicado.
- V. Mencionan cargas.  
Las moléculas de agua se representan con el modelo de “Cabeza de ratón” y los iones aislados con el símbolo y la carga correspondiente.
- VII. Mencionan moléculas, electrones y cargas.  
Las partículas se representan como círculos flotantes con un signo positivo o negativo en el centro. Las partículas del mismo signo se colocan juntas (en el caso de no-solubilidad).

Resulta notable que ninguno de los entrevistados mencionó el término “átomo” y que en todos los niveles se representan las partículas, sean iones o moléculas por medio de círculos flotantes en un medio transparente imaginario y no indicado. Sólo en un caso (Pedro del primer semestre) se representó un soluto prismático pero esta estructura no se modifica al estar en solución.

En vista de todo esto puede considerarse que han adquirido la idea de que la materia está integrada por partículas pero no consideran interrelaciones entre ellas (enlaces) y no han desarrollado la concepción de micro geometría espacial.

Al revisar el cuadro de ideas centrales se puede afirmar que, en general, existe una idea confusa en cuanto a la forma en que ocurren la solubilidad, la conductividad y los enlaces.

En cuanto a la evolución de los conceptos con el grado de avance, parecería que a medida que transcurren los semestres adquieren una mayor cantidad de términos pero no aclaran los conceptos y su confusión aumenta.

Tabla 1. Ideas centrales de los alumnos entrevistados sobre solubilidad, conductividad y enlace.

IDEAS CENTRALES			
Sem.	SOLUBILIDAD	CONDUCTIVIDAD	ENLACE
I	La solubilidad es una reacción química entre soluto y solvente.	Se relaciona con los electrones que pasan de un lado a otro brincando sobre las partículas (+) del soluto.	Se mencionan tipos, pero no se pueden explicar las características de cada uno, hay aproximaciones al modelo de puntos de Lewis.
III	Si hay solubilidad las sustancias se separan en iones y también las moléculas de agua tienen que ver con los enlaces.	La corriente (que proviene del enchufe) circula entre las partículas en una misma dirección y eso prende el foco; en el dibujo las terminales no tocan el líquido.	Se mencionan tipos de enlace, no se pueden explicar
V	El cloruro de sodio se disuelve en agua porque se puede solvatar; la solubilidad se debe a los enlaces.	Se menciona la existencia de un circuito. Los electrones que son negativos saltan de sodio en sodio que es positivo.	Se explican los enlaces con base en los signos y con un modelo de imanes.

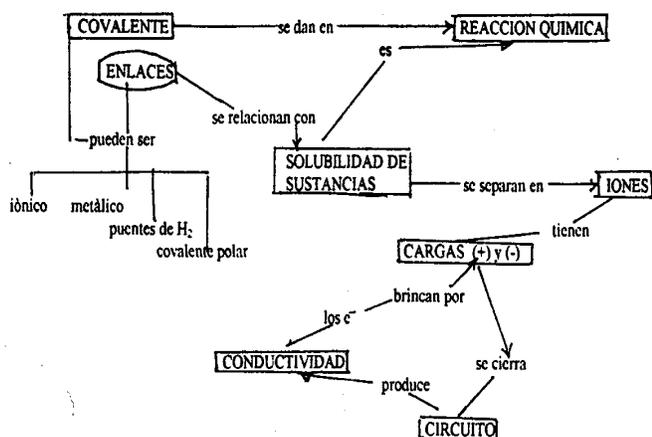


Figura 9. Correlaciones de Enlace, Solubilidad y Conductividad. Síntesis de las ideas de los estudiantes.

En la propuesta de Giordan (Giordan y de Vecchi, 1988) se consideran diferentes niveles de formulación; éstos se definen como: “un conjunto de conocimientos necesarios para construir un enunciado”. De acuerdo con esto, aun cuando a veces se da de manera confusa, los integrantes del grupo analizado alcanzan el primer nivel y sólo el 3° y 5° semestre establecen otras relaciones.

I. Definición y Clasificación Sem. 1°, 3°, 5°, 7°.

II. Establecen relación entre enlace y solubilidad Sem 3° y 5°  
Las características de la concepción alternativa pueden resumirse como sigue:

- La estructura de la materia se concibe como partículas esféricas flotantes y aisladas entre sí.
- Las partículas cargadas con el mismo signo pueden reunirse y, como grupo, separarse de las de signo diferente.
- Los electrones tienen que ver con la corriente eléctrica y para que ésta se trasmita “brincan de un ión positivo a otro”.

### Consideraciones

A partir de los resultados, puede afirmarse que es urgente diseñar estrategias educativas que permitan al docente detectar las confusiones y/o faltas de claridad especialmente en los conceptos clave, para trabajar con los estudiantes e ir construyendo más y mejores aproximaciones.

Habría que repensar los contenidos de los cursos teóricos y prácticos; por ejemplo, trabajar más en el ámbito de las ciencias de los materiales en donde se pueden observar características y propiedades macro, para después enfatizar en las estructuras micro en niveles superiores cuando la

madurez personal y científica estén más acordes con la capacidad de abstracción que se requiere.

Está pendiente aún la gran tarea de seleccionar los conceptos básicos e indispensables que se requieren para acceder a otros de mayor nivel. Una vez determinados, hay que revisar los contenidos a construir y considerar las formas en que se propicie el desarrollo del pensamiento hipotético deductivo. El trabajo en el laboratorio y la experimentación han probado ser un excelente instrumento para ello, especialmente en los primeros semestres de la licenciatura.

Este estudio permitió adquirir un mejor conocimiento de lo que los estudiantes de la licenciatura en Química han construido como explicaciones y modelos alternativos y muestra la necesidad de continuar con otros estudios similares. ✕

### Bibliografía

- Cros, D., Maurin, M. Amoroux, R., Chastrette, M. Conceptions of first year university students of the constituents of matter and the notions of acids and bases, *European Journal of Science Education*, **8**, 305-313 (1986).
- De Vos, Woobe, Verdonk, A., The particulate nature in science education and in science, *J. Res. In Sci. Teaching*, **33** [6], 657-64 (1996).
- Gilbert, J.K., Watts, M. Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education, *Studies in Science Education*, **10**, 61-98 (1983).
- Giordan, A., de Vecchi, G. *Los orígenes del Saber*. Ediaada Editoras, Sevilla, 1998.
- Griffiths, A, Preston, K., Grade 12 students misconceptions relating to Fundamental characteristics of atoms and molecules, *J. Res. in Sci. Teaching*, **29** [6], 611-628 (1992).
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J y Gunstone, R., What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from Doing Experiments? *J. Res. in Sci. Teaching*, **37** [7], 655-75 (2000).
- Harrison, A.G.; Treagust, D.F. Learning About atoms, molecules and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 Chemistry, *Science Education*, **84** [3], 352-381 (2000).
- Hong Kwen Boo, Students understanding of chemical bonds and the energetics of chemical reactions, *J. Res. in Sci. Teaching*, **35** [5], 569-81 (1998).
- Johnson, M.A., Lawson, A.E. What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *J. Res. in Sci. Teaching*, **35** [1], 89-103 (1998).
- Noh, T., Scharmann, L.C. Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem solving ability, *J. Res. in Sci. Teaching*, **34** [2], 199-217 (1997).
- Piaget, J. *La representación del mundo en el niño*. 4ª ed. Ed. Morata, SA, Madrid, 1978.
- Regis, A, Albertazzi, P.G. Concept maps in chemical education, *J. Chem. Ed.*, **73** [11], 1084- (1996).
- Sanger, M.J., Greenbowe, Th.J. Common Student misconceptions in electrochemistry galvanic, electrolytic and concentration Cells., *J. Res. in Sci. Teaching*, **34** [4], 377-398 (1997).
- Valdez, S.A., Flores, F.C., Gallegos, C.L y Herrera, M.T., Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de Química vinculados al tema de disoluciones, *Educ. quim.*, **9** [3], 155-162 (1998).