



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN PARA LA
DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE CONCEPCIONES ALTERNATIVAS
SOBRE SOLUBILIDAD**

**TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUÍMICA**

**PRESENTA:
CARLOS TRUJANO CUÉLLAR**

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. KIRA PADILLA MARTÍNEZ
FACULTAD DE QUÍMICA**

C. U., CD. MX. OCTUBRE 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: ELIZABETH NIETO CALLEJA

VOCAL: VICTOR MANUEL UGALDE SALDÍVAR

SECRETARIO: KIRA PADILLA MARTÍNEZ

1er. SUPLENTE: SILVIA GRACIELA DÁVILA MANZANILLA

2° SUPLENTE: PAULINO GUILLERMO ZERÓN ESPINOSA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

DRA. KIRA PADILLA MARTÍNEZ

SUSTENTANTE:

CARLOS TRUJANO CUÉLLAR

Índice

Introducción.....	4
Justificación.....	7
Marco teórico.....	9
Historia.....	9
Concepciones alternativas.....	14
Concepciones alternativas sobre solubilidad.....	18
Cuestionarios de doble escalón.....	29
Metodología.....	35
Objetivos.....	35
Método.....	35
Resultados.....	38
Pregunta 1.....	39
Pregunta 2.....	44
Pregunta 3.....	47
Pregunta 4.....	52
Pregunta 5.....	58
Pregunta 6.....	63
Pregunta 7.....	66
Pregunta 9.....	73
Pregunta 10.....	77
Pregunta 11.....	82
Pregunta 12.....	87
Análisis de Resultados.....	92
Conclusiones.....	94
Referencias.....	96
ANEXO 1.....	101
ANEXO 2.....	105
ANEXO 3.....	115
ANEXO 4.....	127

Introducción

Andrea estaba una tarde aturdida y confundida cuando su tía la encuentra tratando desesperadamente de entender un capítulo de disoluciones de su libro de química de bachillerato. Enfrente de ella tenía dispersos su libro, página tras página de apuntes tomados en clase y guías de estudio para su inminente examen de química de disoluciones. La guía incluía preguntas como “¿Por qué una disolución de NaCl conduce la electricidad, pero una de azúcar no lo hace?”, “Escribe las ecuaciones necesarias para la descripción de la disolución de nitrato de amonio, sulfato de litio y fosfato de calcio”; y “Calcula la concentración de todos los iones presentes si 0.2 mol de FeCl_3 y 0.2 mol de MgCl_2 son disueltos para preparar 1 L de disolución”.

Andrea era una estudiante competente que había trabajado duro en sus calificaciones durante el difícil curso, y era sorprendente verla en un estado tan profundo de confusión. “Estoy tratando de entender todo esto del balanceo (es decir, los símbolos de los elementos, iones y sus estados correspondientes), pero visual y mentalmente me confunde. ¡Simplemente no lo entiendo!” Para Andrea, una ecuación química iónica balanceada era visualmente complicada y confusa porque no entendía cómo o por qué los elementos adquirirían cargas positivas o negativas y mucho menos cómo se relaciona esto con el balanceo de ecuaciones iónicas; por ejemplo, ¿cuándo debería escribirse el nitrato de calcio como $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y cuándo debería escribirse como $\text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + \text{NO}_3^-(\text{ac})$? Sus apuntes contenían las explicaciones para las ecuaciones iónicas, pero no le ayudaban a entender las ecuaciones frente a ella. Además, no relacionaba la demostración de su profesor sobre la conductividad de varias sales en disolución del día anterior con sus ecuaciones iónicas. (Ebenezer & Erickson., 1996 p. 182).

La historia anterior es representativa de la vida académica del estudiante de química. Específicamente del estudiante de la química en disolución que es, sin duda, fundamental para el entendimiento de muchos otros conceptos e incluso cursos completos. De igual modo, existen requisitos conceptuales que a su vez son indispensables para el entendimiento de la química en disolución. En el mismo

trabajo, Ebenezer & Erickson (1996) analizan las dificultades de los estudiantes que, en ocasiones, los profesores no consiguen solucionarlas. Esto último debido a que, en cierto sentido, las partes involucradas no hablan el mismo idioma. Pues a pesar de que los profesores proporcionen apuntes detallados, conduzcan laboratorios y realicen demostraciones experimentales en clase; suelen organizar sus actividades didácticas desde el punto de vista de un experto, y no del de un aprendiz. Es seguro reconocer entonces, pues existe una gran cantidad de literatura aunada al trabajo de Ebenezer & Erickson (1996), que si el docente identifica lo mejor posible las dificultades de los estudiantes, su labor será mucho más efectiva para lograr su objetivo, la enseñanza. El presente escrito proporciona una opción para la identificación de un tipo de dificultades en el aprendizaje de los alumnos de química.

Por otro lado, un vistazo a la historia de la química muestra que la solubilidad es un fenómeno fisicoquímico complejo. A su vez, las explicaciones iniciales que se dieron a dicho fenómeno no fueron intuitivas, es decir, estaban incompletas. Se requirieron muchos años para que se obtuviera una explicación satisfactoria que, a pesar de su efectividad, es, a la fecha, sumamente compleja de comprender. En otras palabras, se requiere de una preparación científica para comprenderla completamente, preparación que los estudiantes principiantes, evidentemente, aún no tienen.

Carrascosa (2005) describe una correlación de ideas e interpretaciones por parte de los estudiantes que se han denominado desde los años ochenta de diversas formas, ideas previas, errores conceptuales, ideas alternativas, ideas ingenuas, ciencia de los estudiantes etc. El término que se utiliza en el presente escrito, por ser el más aceptado por la comunidad científica, es concepciones alternativas.

Las concepciones alternativas (CA) son un fenómeno humano complejo. Carrascosa (2005) las define como nociones que no están fundamentadas en

nociones científicas vigentes, están ampliamente arraigadas y por lo mismo le proporcionan confianza al estudiante, son repetitivas e incluso están relacionadas con conceptos científicos. Por éstos y otros motivos son difíciles de identificar, pero si el profesor está consciente de ellas puede cambiar su práctica docente y permitirle a sus estudiantes un mejor aprendizaje. Mediante una investigación exhaustiva de la literatura, el presente escrito propone una herramienta para la detección y análisis de las CA sobre solubilidad en estudiantes de licenciatura.

Justificación

La herramienta que este trabajo se propone construir es un cuestionario de opción múltiple de doble escalón. Como se muestra más adelante, Tobin & Capie (1981), junto con muchos otros autores de la investigación educativa, justifican el sondeo de las concepciones alternativas mediante cuestionarios de doble escalón demostrando con su trabajo que cuando los estudiantes contestan un cuestionario de opción múltiple ordinario, pueden escoger la opción que contenga la respuesta correcta por los *motivos incorrectos*.

Adicionalmente, una de las ventajas de los cuestionarios de doble escalón, como se verá más adelante, es que permiten diagnosticar de manera sencilla y cuantitativa las CA de una población de estudiantes sobre un tema específico. Este trabajo sólo aborda un tema que es el de **solubilidad**. Se ha seleccionado este tema principalmente por dos motivos. Primero, porque la literatura de la investigación educativa casi no incluye sondeo de CA sobre solubilidad, se pretende por lo tanto ampliar la información existente al respecto con la propuesta de este instrumento de diagnóstico. Segundo, porque es un tema sumamente importante para el entendimiento del resto de la formación científica de todas las carreras afines a la química y, en ocasiones, los alumnos tienen dificultades que acarrearán al resto de su vida académica. Se pretende proporcionar una herramienta adicional a la enseñanza tradicional con este trabajo.

Finalmente, la población de trabajo son dos grupos de Química General II (QGII), ideal para la aplicación del protocolo de trabajo para el diseño del cuestionario de doble escalón. Esta idealidad proviene de varios puntos. Son grupos que contienen alumnos que representan la población general de la Facultad en el sentido que la materia es parte del tronco común de todas las carreras que se imparten en dicha institución. Son alumnos que acaban de cursar la materia de Química General I (QGI), por lo que se puede asumir que su enseñanza es más o menos homogénea, sin contar la educación previa a la

licenciatura. En la QGII, de acuerdo al plan de estudios de la facultad, es la que introduce temas importantes para el entendimiento de la solubilidad como lo es el equilibrio químico, lo que permite determinar las CA del tema en cuestión con mucho mayor precisión.

Marco teórico

El propósito del marco teórico es cuádruple. Primero, realizar una breve reseña histórica que parafrasea el trabajo de Partington (1964), Brock (1992), Jones (1899) y Chang (2011). Se hace énfasis en los orígenes de la fisicoquímica, la química en disolución y el conflicto que ocasionó en la comunidad científica. Conflicto que se observa en la actualidad en las concepciones alternativas de los estudiantes.

Segundo, hacer un marco de referencia de lo que son las CA, desde los puntos de vista de varios investigadores que se dedican a la investigación educativa.

Tercero, una investigación exhaustiva, específicamente, de las CA sobre solubilidad en la literatura. Hacer una propuesta de categorización de las CA existentes para su aplicación en el diseño en la herramienta de evaluación, así como en el análisis de los resultados que provee.

Por último, una revisión sobre la construcción de cuestionarios de doble escalón con trabajos que también los utilicen.

Historia

La teoría moderna de las disoluciones fue creada por Jacobus Henricus van't Hoff (1852 – 1911). Como es común en la comunidad científica, él se apoyó en la investigación de varios conceptos químicos que otros investigadores, con interpretaciones propias, trabajaron con anterioridad.

La enorme cantidad de trabajo experimental que fundamenta la teoría de van't Hoff incluye investigaciones en la presión osmótica, propiedades coligativas, conductividad, etc. A pesar de que ahora parece un bien fundamentado trabajo,

van't Hoff y su grupo de investigación causó un gran revuelo en la comunidad científica de la época. El conflicto que surge consta de dos bandos, por un lado, se tiene la vieja tradición empírica del químico orgánico de laboratorio y por otro la naciente relación entre la física, las matemáticas y la química para dar mediciones cuantitativas a fenómenos fisicoquímicos.

Van't Hoff fue un alumno distinguido desde joven en el ámbito de las matemáticas. Al entrar a la universidad de Delft en 1871, decidió convertirse en químico. Durante este periodo hizo un estudio cuidadoso del 'Curso de filosofía positiva' de Comte, quien dice que el espíritu de las matemáticas tendría una influencia benéfica en el progreso de la química. Estudio que se vería reflejado en la investigación de van't Hoff.

Un tiempo después, en 1878, van't Hoff se convirtió en profesor en Ámsterdam, donde pasó dieciocho años dando clases de química inorgánica, química orgánica, cristalografía, mineralogía, geología y paleontología. Durante este tiempo trabajó por primera vez en fisicoquímica, y en 1884 publicó un trascendental libro sobre dinámica química, aunque su principal contribución a la fisicoquímica es su teoría moderna de las disoluciones publicada en 1886.

Como se mencionó anteriormente, existió una gran cantidad de labor científica que llevó a la teoría moderna de las disoluciones, iniciando con Wilhelm Friedrich Philipp Pfeffer (1845 – 1920) y su trabajo sobre la presión osmótica. Van't Hoff se dio cuenta de que la constante utilizada en la ecuación de Pfeffer era idéntica a la constante R de los gases, y que por lo tanto la presión osmótica sigue las leyes de Boyle y Charles. De igual modo, la presión osmótica de una disolución diluida es igual a la presión que la sustancia disuelta ejercería si existiera como un gas ideal a la misma temperatura en el volumen ocupado por la disolución si se quitara todo el disolvente, llevando a van't Hoff a afirmar:

“No estamos tratando con una analogía opulenta, mejor dicho, con una fundamental; porque el mecanismo que, de acuerdo a nuestras concepciones actuales produce presión gaseosa y que produce presión osmótica en las disoluciones, es esencialmente la misma.” (Partington, 1964 p. 654)

Dicha analogía comparaba los impactos moleculares de un gas en las paredes del recipiente que lo contuviese con los impactos de las moléculas disueltas en una membrana semipermeable. Como las moléculas de disolvente se encontraban en ambos lados de la membrana, no es necesario tomarlas en cuenta para los cálculos de presión. En otras palabras, ha de suponerse una similitud entre gases y solutos disueltos.

La aseveración anterior fue fundamentada matemáticamente con cálculos termodinámicos. Van't Hoff comprobó la ley de disminución de la presión de vapor, la fórmula de la depresión molecular de la temperatura de fusión y la ecuación para el cálculo de la presión osmótica, al obtener los mismos resultados que los que determinó experimentalmente François-Marie Raoult (1830 – 1901). Sin embargo, los datos en cuestión variaban al tratarse de sales inorgánicas disueltas en agua, puesto que la mayoría consistía en compuestos orgánicos disueltos en distintos disolventes. Algunos ejemplos de los solutos orgánicos disueltos en agua que utilizó Raoult son, glicerina, dextrosa, éter, acetona, anilina, entre otros.

Hacia falta entonces explicar por qué las disoluciones de sales presentaban mayores presiones osmóticas, disminuciones de la presión de vapor, depresiones de la temperatura de fusión y elevaciones de la temperatura de ebullición. El motivo se explicó gracias a una carta de Svante August Arrhenius (1859 – 1927) en 1887, señalando ‘la probabilidad de que las sales y otros compuestos estén descompuestas en sus iones’ y que ‘desviaciones pueden ser calculadas mediante las conductividades’ (Jones 1899, p.66). En función de lo anterior, Van't Hoff introdujo de inmediato el valor empírico ‘*i*’ tomado del trabajo de Arrhenius a su ecuación $PV = iRT$, con valores idénticos para las disminuciones de la presión de vapor y de la temperatura de fusión. Lo cual se definió como disociación iónica, y

permitió por primera vez, describir la verdadera naturaleza del fenómeno de la disolución, o por lo menos para sales solubles en agua.

El trabajo de Van't Hoff, no obstante, no fue bien recibido por la comunidad científica. Los químicos orgánicos rechazaron contundentemente el panorama matemático y físico que van't Hoff estaba haciendo permanente en la química. Pues en aquella época, las ecuaciones eran para los físicos y los matemáticos, cuya área de estudio era mucho más palpable y menos pragmática que la química, es decir, era cuantitativamente medible. Por su parte, los químicos tradicionales, que poseían una formación empírica basada en instinto y vasto conocimiento práctico, sencillamente no les veían utilidad a las matemáticas. Por lo que se desarrolló una rivalidad entre el grupo de investigación en fisicoquímica de van't Hoff, apodados 'ionistas' y el resto de la comunidad científica en química, la cual consistía principalmente de químicos orgánicos.

El investigador opositor más acérrimo fue sin duda Henry Edward Armstrong (1848 – 1937), quien inclusive les dio a los recién creados, y por lo tanto escasos, fisicoquímicos el apodo de 'ionistas'. En ningún momento se atrevió a confrontar sus propias teorías sobre el fenómeno de la disolución con datos duros experimentales, a diferencia de la naciente escuela a la que despreció hasta su muerte. A un año de morir dijo:

“El caso es que desde la intrusión de la doctrina de Arrhenius se ha producido una escisión de la química en dos escuelas o, mejor dicho, se ha agregado un nuevo tipo de trabajador a nuestra profesión: gente sin conocimiento de las técnicas de laboratorio y con dominio matemático suficiente como para dejarse llevar por mal camino por coincidencias sinuosas; personas sin capacidad alguna de crítica, y menos aún para formular una interpretación química. El caso es que los fisicoquímicos no usan nunca sus ojos y, lo que es aún más lamentable, carecen de cultura química. Es esencial arrancar de raíz este elemento físico y regresar a nuestros laboratorios.” (Brock, 1992 p. 337).

Suena la voz del químico orgánico de la época, sin ser el único. Como uno de varios ejemplos de ello, Louis Kahlenberg (1870 – 1941), estudiante de Friedrich Wilhelm Ostwald (1853 – 1932), ambos ionistas de formación. Kahlenberg arriesgó su propia vida y la de sus alumnos para intentar desmentir la teoría moderna de las disoluciones; pues en 1901 midió la constante dieléctrica del cianuro de hidrógeno líquido (92), que resultó más alta que la del agua (80), aunque no demostró ser mejor disolvente. A pesar de que se había manifestado previamente que la teoría ionista sólo aplicaba en disoluciones acuosas, Kahlenberg concluyó que la teoría era en sí misma defectuosa. Inclusive, llegó a anunciar que era insuficiente para explicar todas las mediciones experimentales que obtuvo en disolventes no acuosos. Provocando que se volviera en contra de Van't Hoff por haber confundido gravemente a todos los investigadores con la analogía entre gases y disoluciones, ya que ésta debería tener espacio para el disolvente también.

Desafortunadamente, todas las demás preguntas que pudieron haber surgido y que siguen surgiendo al respecto de los debates entre los ionistas y los orgánicos en el siglo XIX están en su mayoría olvidadas. Chang (2011) concluye que ésta y otras muchas disputas, como, por ejemplo, el mecanismo de acción de la pila de Volta, en realidad nunca se resolvieron, perdiéndose en la urgencia y difusa entrada del siglo XX. Más aún, los historiadores profesionales de la ciencia consideran que los detalles de los debates electroquímicos del siglo XIX se han perdido y ya no son del dominio público.

Tras esta pequeña reseña histórica sobre la solubilidad, resulta indispensable, para esta tesis, abordar ahora la parte histórica y teórica sobre las concepciones alternativas. El marco de referencia que ambas partes aportan permite delimitar el contexto general del presente escrito.

Concepciones alternativas

Las concepciones alternativas (CA), a diferencia de la creencia común de ser un error cometido por el estudiante en una prueba por no estar bien preparado; en realidad fueron definidas por Wandersee, Mintzes & Novak (1994) como:

‘Explicaciones fundamentadas en la experiencia que son construidas por un aprendiz para hacer inteligible un rango de fenómenos y objetos naturales. Conferidas además con respeto intelectual en el poseedor de esas ideas, porque implica que las concepciones alternativas son contextualizadas como válidas y racionales y pueden llevar a concepciones más fructíferas, como las científicas’. (Wandersee, Mintzes & Novak, 1994 p. 178)

En la recopilación de investigaciones de Wandersee, Mintzes & Novak (1994), se encuentra que se pueden estudiar las CA de dos formas, dependiendo del enfoque que se dé a las mismas: El enfoque nomotético, las estudia mediante pruebas escritas cuantificables con relación a las concepciones científicas aceptadas, que a su vez permiten la inferencia estadística; y el ideográfico, el cual emplea un menor número de estudiantes, pero con mayor profundidad a través de entrevistas, autoevaluaciones y descripciones amplias de las mismas. Ambos enfoques poseen su mérito en el estudio de las CA. Por un lado, el enfoque nomotético califica el entendimiento del aprendiz conforme al conocimiento científico actual, mientras que el enfoque ideográfico ahonda en el análisis de cada caso individual para descubrir características en común con los otros casos.

La presente tesis realiza un estudio nomotético de las CA. Dicho enfoque se eligió por cuestiones de tiempo y practicidad, las cuales facilitan su realización.

La revisión de Wandersee, Mintzes & Novak (1994) contiene también una lista de aserciones emergentes de conocimiento sobre las CA. En otras palabras,

enlista ocho aseveraciones que surgen de puntos en común encontrados a través de una enorme recopilación de la literatura de la investigación en CA.

Los aprendices llegan a la instrucción formal de la ciencia con un conjunto diverso de concepciones alternativas concernientes a objetos y fenómenos naturales.

- 1. Las concepciones alternativas que traen los aprendices a la instrucción formal de la ciencia son independientes de la edad, habilidad, género y trasfondo socioeconómico y cultural.*
 - 2. Las concepciones alternativas son persistentes y resistentes a extinguirse mediante estrategias convencionales de enseñanza.*
 - 3. Las concepciones alternativas son explicaciones de fenómenos naturales paralelas a las ofrecidas por generaciones previas de científicos y filósofos.*
 - 4. Las concepciones alternativas tienen su origen en un diverso conjunto de expresiones personales que incluyen: observación y percepción directa, cultura colectiva, lenguaje e inclusive explicaciones y material didáctico de sus propios profesores.*
 - 5. Los profesores (enseñantes) usualmente están suscritos a las mismas concepciones alternativas que sus estudiantes (aprendices, pupilos).*
 - 6. El conocimiento previo de los estudiantes interactúa con el conocimiento que se les presenta en su instrucción formal, que resulta en un conjunto diverso de resultados educativos no deseados.*
 - 7. Enfoques instructivos que faciliten el cambio conceptual pueden ser herramientas efectivas en el salón de clases.*
- (Wandersee, Mintzes & Novak 1994, p. 195)*

La lista anterior es construida a partir de la recopilación de cientos de artículos representativos de investigación educativa. Por lo que es seguro asumir,

entonces, que estas aseercciones son aplicables para cualquier investigación en CA. El presente trabajo toma en cuenta la mayoría de ellas para el diseño de la herramienta de evaluación. Específicamente la aseercción 1, ya que se pretende identificar cuáles son las CA de los estudiantes de licenciatura. Cabe mencionar que la aseercción 4 afirma que las CA están relacionadas paralelamente con la historia. Es decir, en ocasiones, las CA de los estudiantes serán similares a las que se tuvieron con el descubrimiento de un nuevo fenómeno o concepto. Conflictos históricos que son abordados previamente de manera representativa con la enemistad académica de los ionistas y los químicos orgánicos.

Tres de las aseercciones propuestas por Wandersee, Mintzes & Novak (1994) se encuentran también en el trabajo que Pintó, Aliberas & Gómez (1996) realizaron con algunos años de diferencia y que también fueron propuestas por Driver (1985) varios años antes. Estos autores concuerdan que son características fundamentales de las CA:

- Parecen tener *coherencia* interna.
- Comunes (*universales*) entre todo tipo de estudiantes.
- Son *persistentes*, resisten enseñanza habitual y reiterada.

Coherencia

Como se mencionó anteriormente, las CA son, en la mente del estudiante, una explicación lógica de un fenómeno o un objeto. Esta lógica, como señalan Driver (1985) y Pintó, Aliberas & Gómez (1996), les da estabilidad o coherencia a las CA de sus dueños. Las múltiples correlaciones entre conceptos mentales son la estructura misma de esta lógica.

Universalidad

Las CA se pueden encontrar en poblaciones heterogéneas de alumnos. Sin distinguir edad, género, nivel socioeconómico o cultural, puesto que estos factores son determinantes en la construcción de las experiencias individuales y, por lo tanto, las ideas de los estudiantes, en congruencia con la aseercción 5 de

Wandersee, Mintzes & Novak (1994). Por otro lado, el trabajo de Pintó, Aliberas & Gómez (1996) incluye referencias de estudios de distintos países y culturas, llevándola a concluir que la universalidad de las CA proviene de las limitantes intrínsecas del aparato cognitivo humano. En otras palabras, se considera que las CA provienen de ideas intuitivas que surgen de la observación y experiencia de la realidad.

Persistencia

La aseveración 3 de Wandersee, Mintzes & Novak (1994) asevera que las CA son resistentes a estrategias convencionales de enseñanza. Esta persistencia se presenta por diversos motivos, siendo el principal la propia naturaleza humana. A su vez se ha establecido que la construcción de las CA proviene, en parte, de las experiencias individuales, lo que conlleva lo siguiente: cuando una persona construye una concepción que a su parecer explica de manera acertada y en repetidas ocasiones un fenómeno o un objeto, la única forma de cambiar esa concepción es con la sustitución de otra que lo explique mejor. Idealmente, esa concepción nueva será una científica.

En resumen, los antes mencionados autores concuerdan en la importancia de estas tres características: Primero, los estudiantes presentan comúnmente CA, sin importar sus antecedentes. Segundo, los estudiantes las consideran como una explicación lógica, dándoles la ilusión de que es una explicación acertada. Y, por último, dichas concepciones resistirán la enseñanza tradicional. Por lo tanto, un docente de la ciencia debe tomar en cuenta las CA de sus estudiantes para hacer efectivo su aprendizaje.

Como se ha descrito al inicio de esta tesis, se pretende diagnosticar las CA de estudiantes de licenciatura sobre un tema en específico, solubilidad. Con el fin de contextualizar lo mejor posible el producto final de este trabajo, se presentan ahora las concepciones alternativas sobre solubilidad que se encontraron tras una extensa revisión de la literatura.

Concepciones alternativas sobre solubilidad

Esta sección es una recopilación de las concepciones alternativas (CA) sobre solubilidad en la literatura. Dichas concepciones fueron categorizadas conforme a distintos criterios que serán explicados a continuación y que permitirán también explicar por qué se nombra cada categoría como se hace.

Heterogeneidad

La primera categoría está formada por CA que consideran a las disoluciones como una mezcla **heterogénea**. De ahí el nombre **heterogeneidad**. Las CA informadas contienen palabras en común, aunque sean de distintas poblaciones. Resaltan las frases **se hundan** y **al fondo**, mostrando la noción de que el soluto está separado del disolvente, a pesar de ser solutos sumamente solubles en agua. Yang, Noh & Scharmann (2014) es el autor que más ha reportado concepciones de este tipo, encontrando inclusive la concepción de que el soluto puede estar en la superficie, o en medio del vaso que contenga al disolvente.

- Las partículas de azúcar flotan o se **hundan** al fondo del recipiente en lugar de mezclarse uniformemente. Abraham (1994).
- El azúcar se **hunde** porque es sólida. Lee (1993).
- Las moléculas de azúcar son **más pesadas** que las de agua. Lee (1993).
- Quedan fragmentos **sin disolver** en el vaso. Longden (1991).
- Quedan pedazos **sin disolver** en el fondo del vaso. Longden (1991).
- Disolución **nebulosa** o efervescente. Longden (1991).
- Solute **sin disolver** es un componente de la disolución. Pinarbasi (2003).
- El soluto se **hunde** en el recipiente que contiene la disolución. Prieto (1989).
- Sal disuelta en una disolución existe **al fondo** del vaso que la contenga. Yang (2014).
- Sal sin disolver se hunde **al fondo** del vaso que contenga la disolución. Yang (2014).
- La sal se disuelve en **el fondo** del vaso que contenga la disolución. Yang (2014).
- Azúcar disuelta en una disolución existe en la parte **superior** del vaso que la contenga. Yang (2014).

- Azúcar disuelta flota alrededor de la **superficie** de la disolución. Yang (2014).
- Azúcar disuelta en una disolución existe en la parte de **en medio** del vaso que la contenga. Yang (2014).

Cuadro 1. Concepciones alternativas para la categoría **heterogeneidad**.

Reacción química

En esta categoría los autores que facilitan CA dentro de ella, Abraham, Williamson & Westbrook (1994), Ayas, Ozmen & Çalik (2010), Çalik, Ayas & Coll (2007), Ebenezer & Gaskel (1995), Ebenezer & Erickson (1996), Ebenezer (2001), Fellows (1994), Pinarbasi, Canpolat, Bayrakçeken & Geban (2006), Prieto, Blanco & Rodríguez (1989) y Selley (2000), concuerdan que es la CA que más estudiantes presentan en torno a la solubilidad o a las propiedades de las disoluciones. Esto se debe a que los seres humanos estamos acostumbrados a percibir por separado a dos sustancias o mezclas diferentes. Cuando esto no sucede en una mezcla homogénea, como lo son las disoluciones, se considera que se ha formado algo nuevo. Prácticamente todas las CA en cuestión incluyen palabras como **cambio químico**, o la idea de **formar una nueva sustancia**, diferente a las iniciales, lo que las lleva a estar dentro de esta categoría.

- El azúcar **cambia químicamente** a una sustancia nueva. Abraham (1994).
- Los iones H⁺ y OH⁻ del agua colapsan las partículas de tinta y **forman enlaces** químicos. Así que las partículas de tinta se dispersan homogéneamente. Ayas (2010).
- Existe un **cambio químico** al disolver sal en agua. Çalik (2007).
- Se forma KOH + HCl al disolver KCl en agua. Çalik (2007).
- Se forma un **nuevo compuesto**, pues KCl se descompone en potasio y cloro. Çalik (2007).
- Se lleva a cabo la reacción $KCl + H_2O \rightarrow KOH + H_2$ al disolver KCl en agua. Çalik (2007).
- El soluto y el disolvente se **combinan** químicamente para formar una **nueva sustancia** (agua salada). Ebenezer (2001).
- Se crea un **nuevo producto** con propiedades distintas, es un cambio químico. Ebenezer (1995).
- El soluto y el disolvente se atraen o se juntan para formar **otra sustancia**. Ebenezer (1996).
- El azúcar se **transforma** en moléculas de agua. Fellows (1994).
- Cuando se agrega azúcar en agua, se **combina** con el agua. Pinarbasi (2006).
- Cuando se agrega azúcar en agua, se forma una **nueva sustancia**. Pinarbasi (2006).

- El soluto y el disolvente crean una **sola sustancia**. Prieto (1989).
- El soluto y el disolvente resultan en una **sustancia diferente**. Prieto (1989).
- Existe una **reacción química** que forma enlaces de disolución. Selley (2000).
- Se lleva a cabo un **cambio químico** en la disolución. Selley (2000).
- El soluto se mezcla completamente con el disolvente. Selley (2000).

Cuadro 2. Concepciones alternativas para la categoría **reacción química**.

Disociación inadecuada

Las CA del **cuadro 3** muestran que los estudiantes asocian el concepto de disolución con el de **disociación** iónica. Aunque el soluto sea azúcar, que no se disocia al disolverse en agua. Este es el punto en común entre las CA en cuestión. Esta **disociación inadecuada** le da el nombre a la categoría. Desataca Gilbert, Osborne & Fensham (1982), tras una demostración con agua caliente y azúcar a su población de trabajo, que sus alumnos consideran que la evaporación del agua implica la separación de las moléculas de oxígeno e hidrógeno, ignorando ya por completo al soluto.

- El **azúcar** se dispersa en **iones** o elementos. Abraham (1994).
- El **azúcar** se **disocia** en el agua en carbón, hidrógeno y oxígeno. Ebenezer (2001).
- El **azúcar** se **descompone**, se rompen las moléculas de sólidas a líquidas. Ebenezer (1995).
- Cuando se evapora el agua, se **separan las moléculas** de oxígeno y de hidrógeno. Gilbert (1982).
- Los **iones** positivos **buscan** iones negativos. Gilbert (1982).
- En el proceso de disolución, sólo **las partículas de soluto se separan**. Pinarbasi (2006).
- **Todo** tipo de disoluciones **conducen** la electricidad. Pinarbasi (2006).

Cuadro 3. Concepciones alternativas para la categoría **disociación inadecuada**.

Cambio de fase

En esta categoría, las CA que la conforman requieren una aclaración ya que, a pesar de que la mayoría tiene la noción de **cambio de fase**, algunos usan el concepto de **licuación**, que no es el mismo proceso. Sin embargo, esto contribuye a que se les considere como una CA más. Çalik, Ayas, Coll, Ünal & Coştu (2006) y Selley (2000), quienes lo informan, concuerdan en que los alumnos utilizan indistintamente el término de licuación y cambio de fase a líquido. En

general, los alumnos consideran que el soluto cambia de fase (**se derrite** o **se evapora**) al formar parte de una disolución.

- El azúcar **cambia de fase**, se derrite o se evapora. Abraham (1994).
- El azúcar se mezcla con el agua porque **se derrite**. Çalik et al. (2005).
- El azúcar **se derrite** y desaparece. Çalik et al. (2005).
- El azúcar se mezcla con el aire porque **se evapora**. Çalik et al. (2005).
- Ejercer presión en un gas **lo licúa**, por ello, se dificulta su disolución. Çalik (2006).
- La temperatura **licúa** partículas de gas. Çalik (2006).
- El sólido (azúcar) se **transforma en líquido**. Ebenezer (2001).
- El azúcar ya no es sólido, ahora **es líquida**. Ebenezer (1995).
- El **azúcar líquido** se mezcla con el agua. Ebenezer (1995).
- El soluto se **hace líquido**. Ebenezer (1996).
- La frialdad del hielo **trae agua**, pero eso es un poco gracioso. Gilbert (1982).
- Los solutos se **vuelven líquidos** y se mezclan con el agua. Kokkotas (1998).
- El **azúcar se evapora** del agua. Lee (1993).
- El **azúcar se derrite**. Lee (1993).
- Cuando se agrega azúcar en agua, **se derrite** y se licúa como el agua. Pinarbasi (2006).
- En el proceso de disolución, el soluto **se evapora** y se hace gas. Pinarbasi (2006).
- Cuando se calienta una disolución de agua-azúcar, un poco del azúcar se **evapora** y escapa fuera de la disolución. Pinarbasi (2006).
- El soluto **se derrite**. Prieto (1989).
- El soluto **se derrite** al entrar en contacto con el disolvente. Selley (2000).
- El soluto **se licúa** al entrar en contacto con el disolvente. Selley (2000).
- El azúcar **se hace líquida** igual que el agua. Slone (1992).

Cuadro 4. Concepciones alternativas para la categoría **cambio de fase**.

Absorción

Como lo muestran las CA del **cuadro 5**, el nombre de la categoría que conforman resulta claro, **absorción**. Çalik & Ayas (2005) y Kokkotas & Vlachos (1998), reportan que dichas CA pueden estar sesgadas por ellos mismos. Pues se observan en alumnos, e incluso profesores de primaria, luego de una demostración en el salón de clase. La demostración permite observar al soluto en escasez de disolvente, surgiendo así la analogía entre una esponja y un cubo de azúcar.

- El azúcar **absorbe** el agua como si fuese una esponja. Abraham (1994).
- El azúcar **absorbe** el agua y se derrite. Çalik et al. (2005).
- El agua **absorbe** moléculas de soluto. Kokkotas (1998).
- El disolvente **absorbe**. Prieto (1989).

Cuadro 5. Concepciones alternativas para la categoría **Absorción**.

Partículas y espacio entre ellas

Esta categoría obtiene su nombre de dos tipos de CA que los propios alumnos relacionan entre sí. Las CA sobre **partículas**, y las que son sobre el espacio que existe entre ellas. El aspecto importante de esta categoría es que los estudiantes no poseen una noción adecuada sobre la naturaleza corpuscular de la materia, como que la materia es **continua**. Schmidt, Kaufmann & Treagust (2009) facilitan, adicionalmente, que los alumnos incluso consideran que los átomos cambian de tamaño y de masa.

- Uso frecuente del término '**átomos de azúcar**'. Abraham (1994).
- Si se exprimen las partículas de gas, aparecen **nuevas partículas** entre ellas. Çalik (2006).
- Al presionar partículas de gas, **disminuye el espacio** entre ellas y se incrementa la solubilidad. Çalik (2006).
- Las **partículas** de gas no pueden **apretarse**, por ello, su solubilidad no puede cambiar. Çalik (2006).
- Las **partículas de gas toman la forma del envase** que las contiene, por ello, al presionarlas su solubilidad se acarrea. Çalik (2006).
- Al apretar partículas de gas, **suben otras partículas** gaseosas y su solubilidad disminuye. Çalik (2006).
- Como existe **espacio entre las partículas**, su solubilidad es inmutable. Çalik (2006).
- Como se presiona homogéneamente a las partículas de gas, su solubilidad es inmutable y estable. Çalik (2006).
- La solubilidad de un gas en un líquido se incrementa debido al **espacio entre las partículas** de gas. Çalik (2006).
- El soluto ocupa los **espacios entre las moléculas** de disolvente. Ebenezer (2001).
- El soluto ocupa los **espacios de aire** del agua. Ebenezer (1996).
- Algunas sustancias son insolubles porque **no existe espacio** suficiente para que se puedan disolver en el medio. Ebenezer (1996).
- Las **moléculas** son del mismo tamaño que una **mota de polvo**. Fellows (1994).
- La **materia** no está compuesta por partículas, sino que es **continua**. Johnson (1998).
- Las partículas están contenidas dentro de la **materia continua**. Johnson

- (1998).
- Las partículas son pequeños fragmentos de la **materia continua**. Johnson (1998).
 - Las partículas conforman la materia, pero sus propiedades son colectivas. (**Átomos sólidos, líquidos o gaseosos**, según sea el caso). Johnson (1998).
 - Sin noción molecular. Enfoque a sólo lo **observable**. Lee (1993).
 - Las moléculas se disuelven. Lee (1993).
 - Cuando se agrega azúcar en agua, reacciona con la misma y **llena los espacios** de aire entre las moléculas de agua. Pinarbasi (2006).
 - En una disolución, las **partículas** de disolvente y de soluto **son las mismas**. Pinarbasi (2006).
 - Aplicación incorrecta de la representación microscópica del arreglo de partículas de soluto y disolvente en una disolución. Pinarbasi (2006).
 - En una disolución, las partículas de soluto **no tienen movimiento**. Pinarbasi (2006).
 - Los puentes de hidrógeno sólo se pueden formar entre moléculas mediante átomos de hidrógeno y oxígeno. Schmidt (2009).
 - Un grupo OH de una molécula y un grupo OH de otra forman puentes de hidrógeno. Schmidt (2009).
 - El soluto se descompone en **partes más pequeñas** al entrar en contacto con el disolvente. Selley (2000).
 - Las **partículas cristalinas** del soluto vibran para que se puedan disolver. Selley (2000).
 - Las partículas de soluto ocupan el **espacio vacío** entre las partículas de disolvente. Selley (2000).
 - La materia es, necesariamente, un objeto **sólido y concreto**. Stavy (1990).

Cuadro 6. Concepciones alternativas para la categoría **partículas y espacio entre ellas**.

Antropomorfización

En esta categoría se agrupan las CA en las que se les dan propiedades **humanas** a fenómenos u objetos naturales. Como **dar** o **respirar** y otras que Selley (2000) recopila en su trabajo de manera general.

- Partículas de tinta afectan las partículas de agua al contacto, **les dan su color** y por ello todo el sistema se hace del color de la tinta. Ayas (2010).
- El agua necesita moléculas de aire para **respirar**. Fellows (1994).
- Las partículas tienen propiedades **antropomórficas**. Selley (2000).

Cuadro 7. Concepciones alternativas para la categoría **antropomorfización**.

Agitación y temperatura

Las siguientes dos categorías se analizan conjuntamente, pues son sumamente similares entre sí. Ambas están conformadas por CA de que se

requiere aplicar energía para formar una disolución, o de lo contrario ésta no puede formarse. Esta energía es mecánica (**agitación**) o calorífica (**aumento de la temperatura**). De aquí sus nombres **agitación** y **temperatura**, respectivamente. La manera en que los estudiantes redactan sus ideas no sólo comunica que la agitación o la temperatura son un requisito para la formación de una disolución, también indica que no tienen noción de que la solubilidad en realidad depende de la naturaleza del soluto y del disolvente.

Adicionalmente, estas CA pueden ser diferentes dependiendo de la experiencia individual de un mismo fenómeno, complicándolas mucho más. Dicha experiencia es la preparación cotidiana de café o té. Como explica Blanco & Prieto (1997), si una persona gusta de mucha azúcar en su té, considerará que el azúcar no es muy soluble en agua, pues necesita agitar mucho para que no queden residuos en su taza. Por el contrario, si gusta de poca azúcar en su café, considerará que casi no necesita agitar para disolver toda su azúcar. Cabe mencionar que la mayoría de los autores, en la presente recopilación, trabajan con una población de estudiantes de primaria y secundaria, explicándose con la cotidianeidad del fenómeno anterior el uso constante de azúcar o sal de mesa como ejemplo para la formación de una disolución acuosa.

- Agua **caliente** en un vaso genera corrientes internas (**convección**) que hace que una sal se puede disolver (**requisito**). Blanco (1997).
- Agua con sal en el fondo **sin fuerzas externas** no se disolverá. Blanco (1997).
- La **agitación es necesaria** para disolver una sal. Blanco (1997).
- Si se **detiene la agitación**, el soluto se precipitará al fondo del vaso. Blanco (1997).
- **Agitar es un requisito** para el proceso de la disolución, de estar ausente, la disolución no se puede llevar a cabo. Çalik (2009).
- Mientras **más se agite**, más se disuelve el soluto. Çalik (2009).
- Se **requiere de agitación** para disolver un soluto. Kokkotas (1998).
- La **disolución es mezclar** a un nivel macroscópico. Pinarbasi (2006).
- Todos los procesos de **mezclado** resultan en una disolución. Pinarbasi (2006).
- En el proceso de disolución, **mezclar** y/o incrementar la **temperatura es necesario** para disolver. Pinarbasi (2006).
- Un soluto debe tener ciertos elementos que se **mezclen** bien con el agua para poder disolverse. Pinarbasi (2006).
- **Al agitar**, se dispersa el soluto en el disolvente. Selley (2000).
- Sal en agua se **disocia** completamente porque el agua está a más de 18°C, si se **enfria** la sal se **precipitaría**. Blanco (1997).
- Como no hay **relación** entre la solubilidad de un gas en un líquido y la presión, debe

- haberla con la **temperatura**. Çalik (2006).
- Mientras más se **impulse la temperatura**, más fácilmente se disolverá un gas en un líquido. Çalik (2006).
- Si la **temperatura se incrementa**, las partículas de gas se expanden más, para disolverse más fácilmente. Çalik (2006).
- Las partículas de gas disueltas afectan la temperatura de modo que la **temperatura** y la solubilidad se **impulsan**. Çalik (2006).
- Las partículas de gas que existen a una **mayor temperatura** se disuelven más rápido y más fácilmente. Çalik (2006).
- Existe una **relación lineal** entre la **temperatura** y la solubilidad de un gas en un líquido. Çalik (2006).
- La **temperatura** no afecta la disolución de un gas en un líquido, esa **proporción** es estable para los gases. Çalik (2006).
- El **calor** quema al azúcar y le permite disolverse más rápido. Fellows (1994).
- **Incrementar la temperatura y/o mezclar** ejerce presión en el soluto y el disolvente. Pinarbasi (2006).
- El efecto de la **temperatura** en la **proporción** de disolución depende del cambio de entalpía de la disolución. Pinarbasi (2006).
- El **calor** violenta las disoluciones haciendo que un soluto se disuelva más rápido. Selley (2000).
- El soluto se quema con el **calor o la energía** del disolvente. Selley (2000).

Cuadro 8. Concepciones alternativas para las categorías **agitación** y **temperatura**, respectivamente.

Saturación y presión de vapor

Las siguientes dos categorías se analizan también conjuntamente, pues, aunque no son similares, ambas son propiedades de las disoluciones como remarcan Çalik (2005); Çalik, Ayas, Coll, Ünal & Coştu (2006); Pinarbasi & Canpolat (2003) y Pinarbasi, Canpolat, Bayrakçeken, & Geban (2006). La primera categoría, **saturación**, contiene CA de disoluciones **sobresaturadas**, y cómo los alumnos no saben identificarlas. La segunda categoría, **presión de vapor**, las contiene de cómo interactúa la **presión** en la disolución de gases y cómo los estudiantes no entienden las propiedades coligativas de las disoluciones.

- Una disolución **sobresaturada** se caracteriza por contener soluto sin disolver. Çalik (2005).
- Cualquier disolución que contenga soluto sin disolver es una disolución **sobresaturada**. Pinarbasi (2003).
- Una disolución conteniendo soluto sin diluir es una disolución **sobresaturada**. Pinarbasi (2006).
- Existen fuerzas de atracción entre moléculas de soluto y disolvente que disminuyen su **presión de vapor**. Çalik (2005)

- La cantidad de gas disuelto en un disolvente es proporcional a la **presión** total de los gases arriba de la disolución. Çalik (2005)
- Distintos líquidos tienen **presiones de vapor** distintas en su propia temperatura de ebullición. Çalik (2005).
- Existe una relación inversa entre la solubilidad de un gas en un líquido y la **presión**. Çalik (2006).
- Si se ejerce una **presión**, el volumen aumenta. Por lo tanto, las partículas de gas se disuelven en un líquido. Çalik (2006).
- Debido a las fuerzas de atracción entre partículas de soluto y de disolvente, la **presión de vapor** de una disolución es menor que aquella del disolvente puro. Pinarbasi (2003).
- La cantidad de gas disuelta en un disolvente es proporcional a la **presión** total de los gases por encima de la disolución. Pinarbasi (2003).
- Líquidos que hierven a presión atmosférica tienen **presiones de vapor** distintas. Pinarbasi (2003).

Cuadro 9. Concepciones alternativas para las categorías **saturación** y **presión de vapor**, respectivamente.

Propiedad o requerimiento tautológico

La relación que agrupa en una sola categoría a las CA del **cuadro 10** es una **propiedad o requerimiento tautológico** de la materia, como lo nombran Ebenezer & Erickson (1996). Lo que expresan es que el estudiante desconoce el motivo para que un soluto se disuelva. Por lo tanto, apela a su creatividad y a sus ideas previas para darle **una propiedad o un requerimiento lógico** a la materia para que este proceso se pueda llevar a cabo.

- La sal de grano es más fácil de disolver porque es más **frágil** ante la disolución que sal molida. Çalik (2007).
- La azúcar granulada es más fácil de disolver que la refinada porque los **átomos existen enteros**. Çalik (2007).
- La azúcar granulada es más fácil de disolver que la refinada porque los **enlaces** intra-moleculares son **débiles**. Çalik (2007).
- La azúcar granulada es más fácil de disolver que la refinada porque sus **partículas** son más **pequeñas**. Çalik (2007).
- El diluyente de pintura hace al agua inmisible, no se combinan porque le **cambia la polaridad** con su doble enlace. Ebenezer (1995).
- La inmiscibilidad o la precipitación se deben a **diferencias de densidad**. Ebenezer (1996).
- El soluto debe ser lo suficientemente **pequeño** para poder disolverse, solutos grandes no se disolverían. Ebenezer (1996).
- Existe un **motivo tautológico** para que una sustancia tenga ciertas propiedades para disolverse en un medio dado. Ebenezer (1996).
- Existen sustancias que **no son lo suficientemente duras** para resistir la

disolución. Kokkotas (1998).

- El agua tiene la **fuerza** para disolver ciertas sustancias. Kokkotas (1998).
- Algunas sustancias tienen la **propiedad** de disolverse. Kokkotas (1998).
- El azúcar o la sal **no pueden resistir** ser disueltos. Kokkotas (1998).
- El agua tiene **algo especial** que puede disolver ciertas sustancias. Kokkotas (1998).
- El azúcar o la sal **están hechos de tal manera** que pueden disolverse en algunos líquidos como el agua. Kokkotas (1998).
- El motivo por el que distintos líquidos no se disuelven el uno en el otro es la **diferencia de densidades** de los mismos. Pinarbasi (2006).
- Se **requiere** que haya **más disolvente** que soluto en una disolución. Prieto (1989).
- Se **requiere** que el disolvente sea más **fuerte** que el soluto. Prieto (1989).
- Se **requiere** que las **densidades** del soluto y disolvente sean **iguales**. Prieto (1989).
- Se **requiere** que las **densidades** del soluto y disolvente sean **diferentes**. Prieto (1989).
- **No existe relación** entre la cantidad de azúcar y agua y el sabor dulce de la disolución. Slone (1992).
- La materia tiene, necesariamente, **propiedades** no materiales como color, olor, inflamabilidad o peso. Stavy (1990).
- La materia sólo existe cuando hay evidencia sensorial que exista. Stavy (1990).

Cuadro 10. Concepciones alternativas para la categoría **propiedad o requerimiento**.

Superficie

Las CA del **cuadro 11** apelan al cambio de la **superficie** de contacto de un soluto (**molerlo**) y cómo lo afecta. Çalik, Ayas & Ebenezer (2009), como únicos autores en la categoría **superficie**, informan que los alumnos consideran que **moler** un soluto, o cambiar su superficie de contacto, lo cambia a nivel sub-microscópico. Cabe resaltar que los estudiantes apelan al soluto, y no a la disolución ni sus propiedades.

- La cantidad de **superficie** afecta la cantidad de soluto. Çalik (2009).
- Si se **muele** un cubo de azúcar se hace más masa. Çalik (2009).
- Las moléculas en un **soluto molido** son más pequeñas que las del mismo soluto sin moler, por ello, se disuelve más rápidamente. Çalik (2009).

Cuadro 11. Concepciones alternativas para la categoría **superficie**.

Desaparición

En esta categoría, los alumnos consideran simple y llanamente que el soluto **desaparece**. Disolverse y **desaparecerse** son sinónimos en las CA del **cuadro 12**. El trabajo de Longden, Black & Solomon (1991) destaca al mostrar sin lugar a dudas esta CA, ejemplificada a continuación: Le presenta a su grupo de trabajo un dibujo de un vaso de precipitados con un líquido azul y un cristal rojo al fondo. Posteriormente, les solicita que representen cómo quedaría el vaso cuando se disuelva el cristal. Espera que colorean el líquido de morado, rojo, o rojo con azul. Sin embargo, casi ningún estudiante lo hace, pues la mayoría considera que el cristal simplemente desaparece.

- **No se puede recuperar** el azúcar original. Ebenezer (1995).
- El azúcar se disuelve hasta **desaparecer**. Lee (1993).
- El cristal **desaparece**. Longden (1991).
- En el proceso de disolución, **no se aplica la conservación de la masa**. Pinarbasi (2006).
- El soluto **desaparece**. Prieto (1989).
- El disolvente **elimina** el soluto. Prieto (1989).
- El soluto es **destruido** y no se puede recuperar. Selley (2000).
- El azúcar **desaparece**. Slone (1992).

Cuadro 12. Concepciones alternativas para la categoría **desaparición**.

Aditividad

En la última categoría, las CA muestran que los alumnos consideran la masa y/o el volumen como **aditivos**, específicamente al formar una disolución. Incluso Prieto, Blanco & Rodríguez (1989) reconocen que no es una CA representativa de las nociones de los estudiantes. Sin embargo, se incluye en la presente recopilación como referencia para el análisis de resultados.

- El volumen de una disolución es igual al **volumen total** de soluto y disolvente antes de formar la disolución. Pinarbasi (2006).
- Una disolución se caracteriza por **incrementar su masa y su volumen**. Prieto (1989).

Cuadro 13. Concepciones alternativas para la categoría **aditividad**.

Finalmente, como se puede observar en esta sección, las CA que presentan los estudiantes sobre solubilidad son muy variadas. Destacan las categorías **partículas y espacio entre ellas** y **propiedad o requerimiento tautológico** sobre las demás. Las razones son que las CA que no serían inesperadas en estudiantes sumamente jóvenes, por lo que es de esperarse que estudiantes de educación básica o media, como lo son los estudiantes que presentan más comúnmente estas nociones, vean desafiadas sus concepciones ante una educación media superior o incluso superior. En otras palabras, ideas como *'átomos de azúcar'* o que *'la materia sólo existe si se puede percibir con los sentidos'* usualmente son cambiadas cuando los pupilos avanzan en su educación académica o de cultura general.

No es posible pasar por alto que la mayoría de los estudiantes sondeados en la literatura son estudiantes de educación básica o media, puesto que la población de trabajo es esencial para la expectativa de resultados en la investigación educativa.

Existen diversas formas para sondear CA sobre un tema en específico. La que el presente escrito sugiere es mediante un cuestionario de doble escalón que se describirá a continuación.

Cuestionarios de doble escalón

En una conferencia, Taber (1999) enlista diferentes formas en las que se ha sondeado el entendimiento de los estudiantes sobre alguna temática. Entre ellas se encuentran, entrevistas, discusiones grupales, mapas conceptuales, dibujos y pruebas escritas. En este último elemento, las pruebas escritas, Taber (1999) comenta que están en desventaja con respecto a las entrevistas porque su efectividad depende de las habilidades de comprensión lectora de los estudiantes

y porque los criterios para validar interpretaciones personales no aplican en una prueba de opción múltiple.

Sin embargo, una de las formas para iniciar a sondear concepciones alternativas (CA), según Taber (1999), son las pruebas escritas, específicamente los cuestionarios de doble escalón. En donde la primera parte presenta un contexto cuyas respuestas son de opción múltiple, seguidas de una solicitud de una explicación a la respuesta seleccionada inicialmente.

Algunas de las ventajas que Taber (1999) considera para este tipo de instrumentos de diagnóstico son que se pueden aplicar a clases completas y no solo a un grupo pequeño de estudiantes, son sencillas de administrar, analizar y calificar y son de un formato que es usualmente conocido y fácil de resolver para los estudiantes.

Tsai & Chou (2002) describen a los cuestionarios de doble escalón como sigue.

‘Una prueba de doble escalón es una pregunta de dos niveles presentada en un formato de opción múltiple. El primer escalón evalúa el conocimiento descriptivo de los estudiantes sobre la pregunta presentada. El segundo escalón explora las razones de los estudiantes para la elección hecha en el primer escalón.’ (Tsai & Chou 2002, p. 158).

A su vez, Treagust (1988) propone que, para desarrollar apropiadamente cuestionarios de doble escalón que diagnostiquen CA de los estudiantes, se debería examinar la literatura para mejorar la calidad de los mismos con respecto a los hallazgos recientes. En este sentido, y con relación al tema que interesa en este trabajo, previamente se han presentado las CA sobre solubilidad más comunes en los estudiantes según la literatura.

No obstante, Tamir (1971) aclara que un acercamiento alternativo a la construcción de las pruebas de opción múltiple sería innovador si los distractores

fueran basados en respuestas de los estudiantes a preguntas abiertas que tuviesen los mismos fundamentos conceptuales dentro de un área limitada de contenido. Es decir, si los distractores a las preguntas del cuestionario son creados por los mismos estudiantes, el sesgo que podría surgir por el trabajo personal del autor será disminuido aún más. Por lo tanto, se propone en este escrito primero aplicar un cuestionario abierto antes de proponer uno cerrado.

'En los cuestionarios abiertos, los estudiantes tienen la oportunidad de escribir todo lo que saben de la pregunta. Esto permite identificar posibles concepciones alternativas si los estudiantes justifican sus respuestas. Los cuestionarios de opción múltiple de doble escalón contienen, en el primer escalón, distractores preparados de las respuestas de los cuestionarios abiertos. Y en el segundo escalón los distractores provienen de sus justificaciones.' (Bayrak, 2013 p. 20).

El trabajo de Bayrak (2013) justifica el uso inicial de un cuestionario abierto para preparar cada opción de ambos escalones en un segundo cuestionario cerrado, para evaluar CA. Se procura entonces que los estudiantes justifiquen sus respuestas en el cuestionario abierto.

'Por otro lado, el uso de cuestionarios de opción múltiple es una alternativa práctica, en contraste con entrevistas individuales. Especialmente cuando el objetivo es determinar la prevalencia y distribución de las concepciones alternativas de una población determinada. Sin embargo, tienen un defecto fundamental: no permiten diferenciar un razonamiento correcto o uno con concepciones alternativas. Para solucionar este problema, un cuestionario de opción múltiple de doble escalón incluye alternativas de contenido en el primer escalón; y principios que justifiquen las respuestas del primero en el segundo. Estas pruebas pueden ser usadas para sondear mejor las concepciones alternativas, pues no sólo miden la habilidad de seleccionar respuestas correctas, sino

también el razonamiento detrás de esas elecciones.’ (Caleon & Subramaniam, 2010 p. 314).

Por su parte, Caleon & Subramaniam (2010), justifican el uso de un cuestionario de doble escalón para sondear el razonamiento a la respuesta de una pregunta. Con distractores como alternativas, es seguro afirmar que el uso de este tipo de cuestionarios, para la detección y el análisis de CA, es preferible a las entrevistas individuales ante poblaciones numerosas.

Una pregunta de doble escalón está formada, como se ve en la tabla 1, de un primer escalón, marcado con incisos algebraicos (a, b, c), el cual está formado por opciones de contenido. Por otro lado, el segundo escalón, marcado con incisos numéricos (1, 2, 3), está formado por opciones de justificación del contenido. Se considera una **respuesta correcta** sólo la que seleccione la respuesta y justificación correctas. En este ejemplo, en la tabla 1, sólo un alumno que elija la **respuesta** en el inciso **b)** y la **justificación** número **2)** correspondiente tendría una respuesta **correcta**.

Pregunta X

Si se tiene un tubo de ensayo sellado, con una gota de acetona al fondo y se le aplicara calor al sistema, ¿qué le ocurriría a la acetona?
a) La acetona dejaría de existir.
b) La acetona se evaporaría.
c) La acetona se convertiría en aire.

a) La acetona dejaría de existir.	b) La acetona se evaporaría.	c) La acetona se convertiría en aire.
1) Porque sería indistinguible del aire.	1) Porque tendría la misma temperatura que el aire.	1) Porque es un sistema aislado.
2) Porque no se puede recuperar la acetona.	2) Porque su temperatura de ebullición es baja.	2) Porque es un sistema cerrado.
3) Porque dejó de ser visible.	3) Porque su temperatura de ebullición es alta.	3) Porque es un sistema abierto.

Tabla 1. Ejemplo de pregunta de doble escalón con las respuestas correctas **resaltadas**.

Para asegurar la mínima subjetividad posible del cuestionario, las opciones de los distractores de contenido y de justificaciones correspondientes se construyen con las propias CA de los estudiantes.

Así mismo, Peterson, Treagust & Garnett (1986); Treagust (1988), Tobin & Capie (1981) y Voska & Heikkinen (2000) concuerdan con las ventajas de usar cuestionarios de doble escalón, como se ve a continuación.

Este instrumento de diagnóstico se puede usar fácilmente por profesores en el salón de clases, pues permite evaluar el razonamiento para las respuestas de los estudiantes con una prueba sencilla de administrar y evaluada con lápiz y papel (Peterson, Treagust & Garnett, 1986). El desarrollo de este tipo de pruebas de aplicación rápida permite que los hallazgos de la investigación educativa sean

aplicados en clase de la misma forma. La labor docente puede verse mejorada sustancialmente con esta herramienta de diagnóstico que permite solucionar dificultades de aprendizaje antes y después de la enseñanza (Treagust, 1988). Es posible sondear poblaciones numerosas simultáneamente, permitiendo así mediciones grupales válidas de razonamiento formal (Tobin & Capie, 1981). Se puede tener una mejor certeza de que los estudiantes no están eligiendo las **respuestas correctas** por los **motivos incorrectos**. Es decir, si un estudiante selecciona una respuesta incorrecta es porque posee CA específicas (Voska & Heikkinen, 2000).

Finalmente, es importante mencionar que un cuestionario de doble escalón es una evaluación diagnóstica. Como Sanmartí (2002) indica, la evaluación juega con la subjetividad del alumno al escoger una determinada respuesta de un cuestionario de opción múltiple ordinario, y con la del enseñante al interpretar lo que un alumno haya querido decir en su respuesta a una pregunta abierta. No obstante, la evaluación de CA, según Sanmartí (2002), se ve facilitada al utilizar preguntas abiertas que lleven a una verbalización de las formas de interpretar un fenómeno o bien, con *cuestionarios de opciones cerradas elaboradas a partir de ideas manifestadas por estudiantes al responder a cuestionarios abiertos*. Así mismo, Sanmartí (2002) agrega que este tipo de cuestionarios son difíciles de confeccionar, ya que en su elaboración se deben de conocer las “lógicas” posibles del alumno, pero, con ello, el análisis de las respuestas es más fácil, porque simplifica el cálculo del porcentaje de estudiantes partidarios de cada una de las opciones o, en este caso, concepciones alternativas, permitiendo así, enseñar consecuentemente.

Un cuestionario de doble escalón no se puede construir directamente, es necesario contar con información concerniente a las concepciones que se desean diagnosticar. Para este propósito, se propuso sondear las CA sobre solubilidad de estudiantes de licenciatura con un cuestionario abierto, procedimiento que es descrito a detalle en la Metodología.

Metodología

Objetivos

- Diseñar una herramienta de evaluación para la detección y análisis de concepciones alternativas sobre solubilidad.
- Diseñar un cuestionario abierto para recopilar información de las concepciones alternativas sobre solubilidad de los estudiantes a nivel licenciatura con el fin de construir un cuestionario de doble escalón.
- Sondear las concepciones alternativas de la población de trabajo mediante un cuestionario abierto y analizar los resultados.
- Diseñar un cuestionario de doble escalón que evalúe las concepciones alternativas sobre solubilidad de estudiantes a nivel licenciatura.

Método

Se sondean las concepciones alternativas (CA) de dos grupos de estudiantes de QGII de la Facultad de Química durante el semestre 2017-2, que hacen un total de 104 estudiantes. Cabe mencionar que los estudiantes en cuestión han cursado necesariamente el curso de QGI, el primer curso de química, obligatorio para todos los estudiantes de la Facultad, con todas las implicaciones que conlleve. A partir de las respuestas de los estudiantes se analizan y clasifican las CA y se propone el cuestionario de doble escalón. El cuestionario de doble escalón completo se encuentra en el **anexo 2** (p. 101).

A continuación, se presenta el cuestionario abierto con el objetivo de cada pregunta (ver versión del alumno en el **anexo 1** (p. 97)).

1. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la solubilidad? (**Objetivo:** sondear panorama general de las nociones sobre solubilidad, solicitando una explicación sub-microscópica.)

2. ¿Qué tipo de propiedad es? (**Objetivo:** continuación de la pregunta 1, permite indagar en la congruencia de la respuesta anterior.)

3. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente. (**Objetivo:** sondear conocimiento de interacciones inter-especies.)

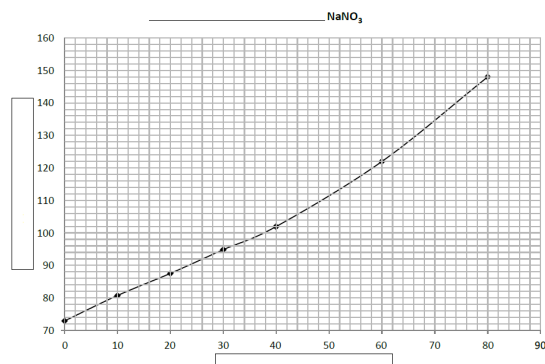
4. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el cloruro de sodio (NaCl) se disuelve en agua. (**Objetivo:** sondear si conocen a detalle el proceso de disociación iónica, en contraste con la pregunta 3.)

5. ¿Por qué el cloruro de sodio (NaCl) es soluble en agua, pero el cloruro de plata (AgCl) no lo es? (**Objetivo:** sondear nociones de por qué los solutos tienen solubilidades diferentes, desde una perspectiva cualitativa, continuación natural de la pregunta 4 con el mismo compuesto y otro similar a simple vista.)

6. En una práctica de QGI disolviste y cristalizaste KNO_3 en agua, ¿se podría realizar el mismo procedimiento experimental con azúcar en casa? ¿Por qué? (**Objetivo:** sondear si los alumnos relacionan la química con su vida cotidiana.)

7. En la misma práctica calentaste a baño maría un tubo de ensayo con agua para disolver KNO_3 , ¿se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema? (**Objetivo:** sondear las CA sobre agitación y temperatura apelando a la práctica mencionada en la pregunta 6.)

8. Completa la gráfica. Describe la relación/proporción de las magnitudes expresadas. (**Objetivo:** sondear si el alumno recuerda efectivamente la misma práctica de las preguntas anteriores.)

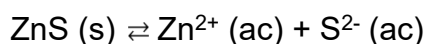


9. ¿La tendencia de la gráfica anterior sería igual para otras sales? ¿Por qué? (**Objetivo:** sondear si nuevamente si los alumnos tienen nociones de que los solutos tienen solubilidades diferentes, desde una perspectiva cuantitativa, transición de la pregunta 8.)

10. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la cristalización? (**Objetivo:** sondear si los alumnos pueden relacionar la solubilidad a nivel sub-microscópico con otro fenómeno que está relacionado.)

11. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es una disolución? (**Objetivo:** sondear CA sobre solubilidad.)

12. Considerando que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con los metales alcalinos, escribe cómo interpretas la siguiente ecuación química: (**Objetivo:** sondear a nivel simbólico y con respecto al concepto de equilibrio químico las nociones de por qué los solutos tienen solubilidades diferentes.)



Resultados

Esta sección presenta los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario abierto (**anexo 1** (p. 97)) a partir de la transcripción de las respuestas de cada alumno a este cuestionario. Cada pregunta se analiza por separado, y se inicia con la clasificación por categorías de las concepciones alternativas (CA) encontradas en las respuestas de los estudiantes, de forma similar a la categorización realizada en el marco teórico de este documento.

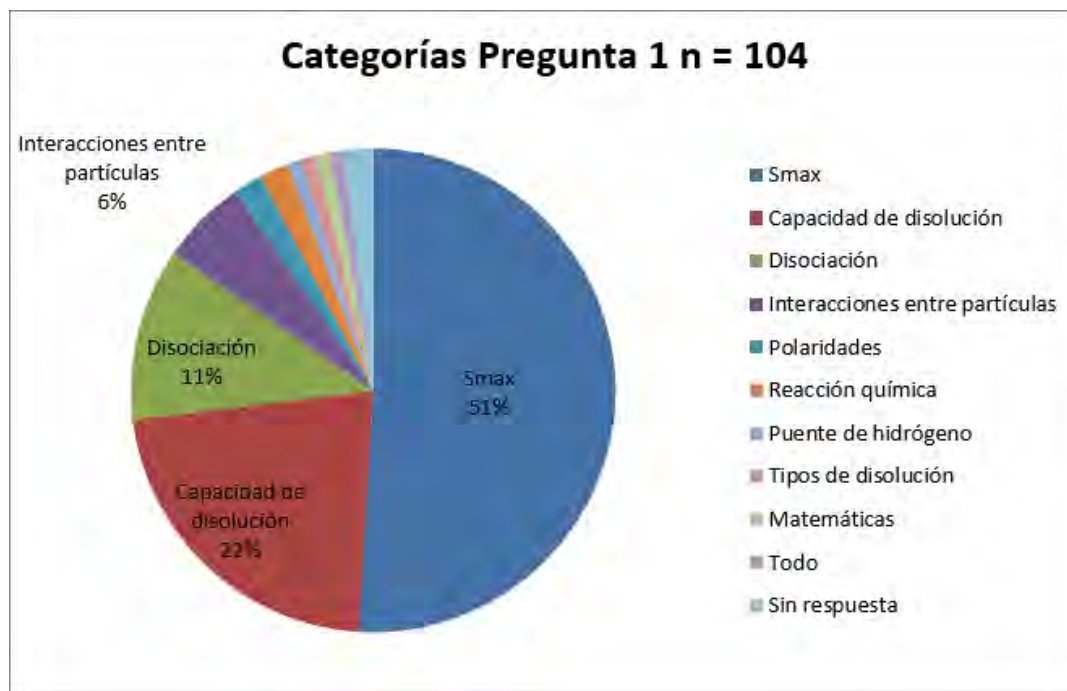
Se presenta cada pregunta y un gráfico que ilustra las categorías de los estudiantes a esa pregunta, con una breve descripción de las categorías *más representativas*. Los estudiantes no sólo responden a las preguntas con sus CA, sino que, además, una gran cantidad de estudiantes proporcionan respuestas que pueden ser consideradas como correctas, aunque debe tomarse en cuenta la posición educativa que tiene el estudiante al momento de ser sondeado. Estas respuestas correctas completan a su vez al cuestionario de doble escalón.

Finalmente, se propone una pregunta de doble escalón al final del análisis de cada pregunta. El cuestionario de doble escalón completo se encuentra en el **anexo 2** (p. 101). La construcción del mismo proviene del análisis previamente realizado. Es decir, el primer escalón provendrá de las CA *más representativas* de cada pregunta. Y el segundo escalón estará conformado por respuestas *individuales* que presenten una justificación que estén dentro de la categoría a la que corresponden.

Como nota adicional, las **respuestas correctas** a las preguntas de doble escalón estarán **marcadas** para su fácil identificación.

Pregunta 1

Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos, moléculas), explica, ¿qué es la solubilidad?



Gráfica 1. Categorías de las CA en la pregunta 1.

Smax

La respuesta más representativa, constituyendo más de la mitad de las mismas, surge del curso precedente. Esto es porque, a primera vista, las respuestas de los estudiantes no parecen tener un razonamiento detrás, por ejemplo, la **figura 1** contiene la respuesta más sencilla de esta categoría.

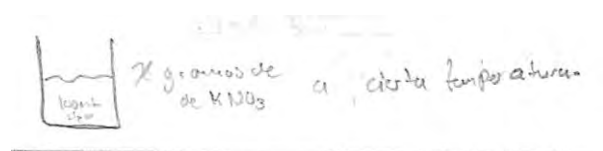


Figura 1. Respuesta de estudiante.

En la **figura 1** resalta que el estudiante tiene una noción de solubilidad que proviene directamente de las definiciones de *solubilidad máxima* del curso de QGI, que cubre el tema sobre todo en el laboratorio. En él se les pide a los alumnos que construyan la curva de solubilidad del nitrato de potasio a distintas temperaturas. En otras palabras, las respuestas de esta categoría contienen por lo menos uno de los elementos de la **figura 1**, que es una respuesta que proviene de la definición de *solubilidad máxima*.

Los elementos mencionados anteriormente son varios. Primero, que el volumen o masa del disolvente deben ser necesariamente 100 mL o 100 g de agua; cuando un soluto no requiere de un determinado volumen o masa de disolvente para disolverse, y que existen muchos más disolventes que el agua. Segundo, X gramos o X mol de nitrato de potasio, o de una sustancia indeterminada; en general, las respuestas presentan un sesgo en el que la solubilidad está determinada por la masa de soluto en 100 mL de agua, pues de esta manera se construye la curva de solubilidad en su práctica de laboratorio. Tercero, las condiciones en las que se encuentra el sistema, usualmente la temperatura, afectan la solubilidad de alguna manera; sin embargo, no existe evidencia que conozcan por qué cambian las disoluciones ante dichas condiciones.

Capacidad de disolución

Otra categoría representativa es *capacidad de disolución*, que explica la solubilidad como una *propiedad de la materia para disolverse*. A pesar que es una explicación incompleta, es notable que el alumno intenta dar una explicación al fenómeno sin recurrir a definiciones y que a su vez está consciente que es un fenómeno que la ciencia es capaz de explicar, aunque ellos mismos desconozcan la respuesta.

Es la *capacidad* que tiene un soluto para disolverse en presencia de un disolvente.

Respuesta de estudiante.

El estudiante anterior da lo que podría ser la respuesta más cercana a la definición de una disolución, pero no proporciona explicación alguna para la misma. Con más o menos palabras, las respuestas de esta categoría son esencialmente la misma.

Disociación

Finalmente, se considerará como respuesta representativa a la pregunta 1, la categoría *disociación*. Estas respuestas explican un fenómeno complejo, la solubilidad con otro igual o más complejo aún, la *disociación*. No necesariamente se limita a ello en la mente de los alumnos, pero sus respuestas no incluyen solutos moleculares.

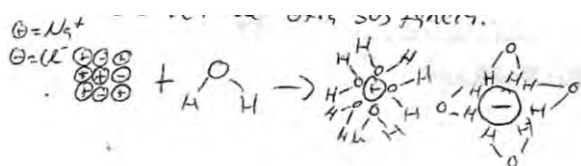


Figura 2. Respuesta de estudiante.

La **figura 2** destaca una noción adecuada de la *disociación* de una sal iónica e inclusive de la primera esfera de solvatación que se genera en cualquier disolución de este tipo. Sin embargo, es complejo interpretar el nivel de entendimiento de los estudiantes de las interacciones inter-especies que están presentes en esta representación. Dada la falta de solutos moleculares que se disuelven mediante interacciones inter-especies similares, dependiendo de cada uno, se considerará que esta categoría apela a que los estudiantes consideran el fenómeno de solubilidad solamente como el proceso de disolución de una sal iónica. El contenido evidentemente es distinto al de la categoría Smax, reforzando

la idea que los estudiantes no tienen un entendimiento del fenómeno, y sólo utilizan las definiciones que conocen.

Pregunta de doble escalón

1.- Elige la opción que mejor represente lo que tú consideras como solubilidad.

Se propone entonces, reformular la pregunta como se muestra. Las respuestas del primer escalón siendo las categorías más representativas S_{max}, capacidad de disolución y disociación, siendo capacidad de disolución la respuesta correcta, marcada al inicio de la oración.

Para las respuestas del segundo escalón 'Justifica tu respuesta', se propone ver a detalle las respuestas dentro de la categoría de la respuesta correcta, en las que resaltan los siguientes casos, donde no necesariamente contiene una explicación satisfactoria y que permite construir el segundo escalón.

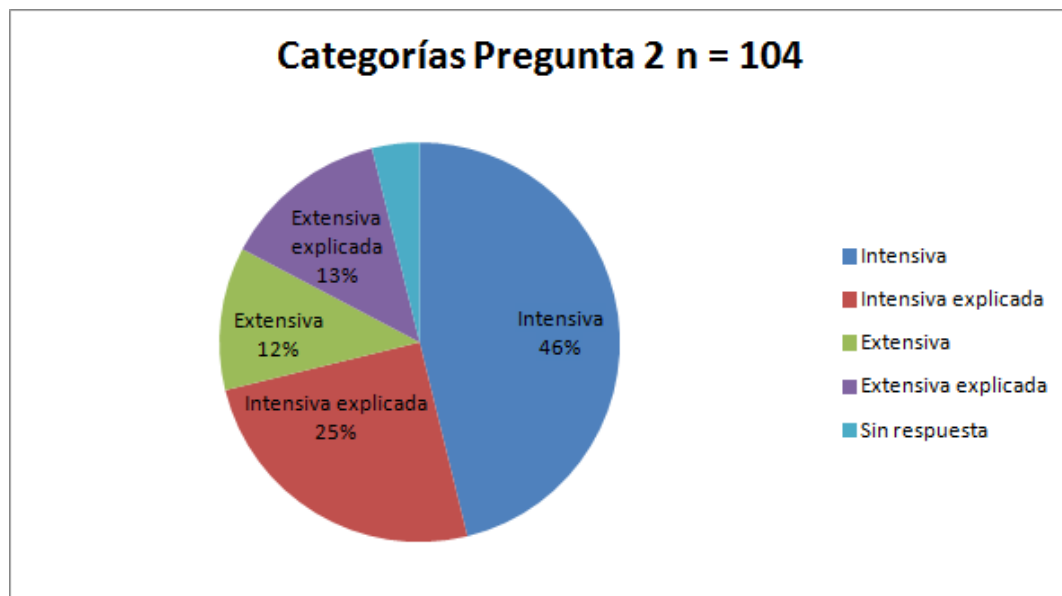
1)	La cantidad máxima de soluto que se puede disolver en 100 mL de agua a determinada temperatura.
a)	Son los gramos de soluto que acepta una disolución en 100 mL. $S = g \text{ soluto} / 100 \text{ mL}$.
b)	Es la cantidad de soluto que se puede disolver en 100 mL de agua a una temperatura de 25°C y a presión 1 atm las moléculas de un compuesto se unen a las moléculas de disolvente (agua) Ej. NaCl disuelto en H ₂ O.
c)	Es la cantidad máxima de átomos, partículas, moléculas o entidades elementales que pueden ser aceptadas por el disolvente.
d)	Es la capacidad máxima de concentración de una sustancia en otra.

2) Respuesta correcta	La cantidad máxima de soluto que se puede disolver en 100 mL de agua a determinada temperatura.
a) Justificación correcta	La capacidad de una sustancia para disolverse en otra con base en la interacción de sus moléculas, así puede o no diluirse.
b)	La solubilidad es la capacidad que tienen las moléculas de una sustancia para disolverse en otras de otra sustancia más grande (mayor cantidad) llamada disolvente.
c)	Es la propiedad que tiene una sustancia para disolverse en determinada cantidad de un disolvente en específico.

3)	Cuando una sustancia se disocia en cationes y aniones en un disolvente.
a)	La polaridad es la capacidad de una sustancia para disociarse o solvatare o distribuirse de manera uniforme en otra sustancia (que está en mayor cantidad) gracias a las interacciones intermoleculares de las sustancias. Se forma siempre una mezcla homogénea.
b)	Es cuando las moléculas se separan estando en un medio acuoso. $\uparrow T = \uparrow S$
c)	Es la masa de una sustancia que puede interaccionar con el volumen de otra sustancia. Si la cantidad de soluto es mayor a la solubilidad de este en el disolvente entonces no interacciona.
d)	Es la capacidad de una o más sustancias que tiene para poder disociar sus moléculas (iones) y poder interactuar y reaccionar con otra sustancia para obtener mezclas diferentes.

Pregunta 2

¿Qué tipo de propiedad es?



Gráfica 2. Categorías de las CA en la pregunta 2.

Las respuestas a esta pregunta consisten principalmente en 2 categorías, *intensiva* y *extensiva*, siendo *intensiva* la respuesta correcta. Es representativo que el 25% de las respuestas incluyan la respuesta incorrecta con respecto al estado general de los alumnos en cuanto a esta pregunta. Sin embargo, las respuestas de los alumnos mayoritariamente van más allá de responder *intensiva* o *extensiva*, e incluyen explicaciones a sus respuestas que no necesariamente son completas, como el siguiente ejemplo.

Es una propiedad *intensiva* puesto que no depende de la cantidad de materia, sino más bien de la estructura misma de la sustancia.

Respuesta de estudiante.

Es preciso hacer notar que las categorías *intensiva explicada* y *extensiva explicada*, son categorías aparte de las otras con el fin de destacar que las respuestas contienen una explicación, aunque sea somera, de su respuesta.

Adicionalmente, las respuestas en la categoría de *extensiva*, a diferencia de la categoría *intensiva*, todas las respuestas son distintas entre sí, indicando que el alumno no tiene noción alguna de la respuesta. Esto último porque no es capaz ni si quiera de explicar por qué sería una propiedad *extensiva* apropiadamente, de ser el caso, como se ve en el siguiente ejemplo.

Es una propiedad *extensiva*. Ya que podemos tener diferentes disoluciones con distintas cantidades de soluto y no en todas veremos la misma solubilidad.

Respuesta de estudiante.

Pregunta de doble escalón

2.- ¿Qué tipo de propiedad es la solubilidad?

La creación del primer escalón es clara de ver, siendo las posibles respuestas *intensiva* y *extensiva*, donde la respuesta correcta es *intensiva*.

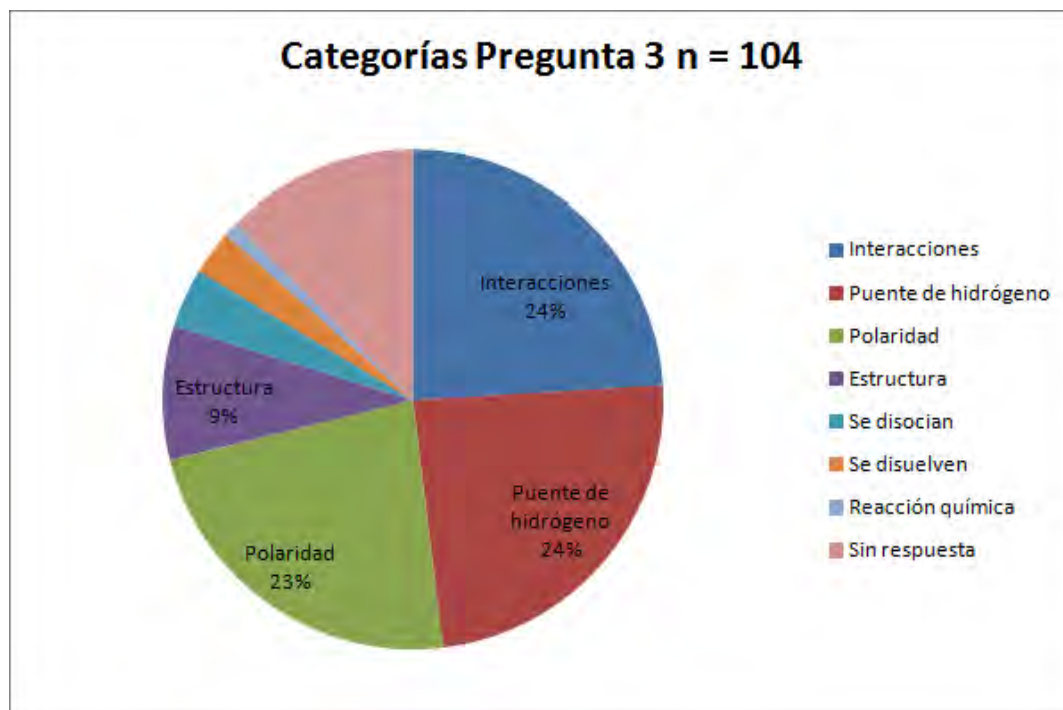
La creación del segundo escalón es un poco más complicada, pero dentro de la categoría *intensiva explicada*, se pueden encontrar las diversas explicaciones de los estudiantes a su respuesta.

1) Respuesta correcta	Intensiva
a) Justificación correcta	Es una propiedad intensiva, ya que no depende de la cantidad de materia.
b)	Es intensiva ya que no depende de la cantidad del soluto, éste siempre se disuelve en una cantidad proporcional de disolvente.
c)	Es una propiedad intensiva puesto que no depende de la cantidad de materia, sino más bien de la estructura misma de la sustancia.
d)	Intensiva – pues no depende de la cantidad de la muestra, ésta va a poder disociarse en cierta cantidad de disolvente.

2)	Extensiva
a)	Extensiva, depende de la cantidad de sustancia, su solubilidad cambiará.
b)	Extensiva, porque depende de la temperatura, masa y/o volumen de las sustancias.
c)	Es una propiedad extensiva, porque depende del volumen.
d)	Es una propiedad física, extensiva.

Pregunta 3

Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.



Gráfica 3. Categorías de las CA en la pregunta 3.

Las respuestas de la pregunta 3 fueron divididas en varias categorías, de las cuales destacan tres categorías representativas. Cada una constituye prácticamente el 25% del total de las respuestas recopiladas.

Interacciones

La primera categoría, *interacciones*, contiene respuestas acertadas, completas y muy generales, que por lo mismo será considerada como la respuesta correcta. Como se muestra en la respuesta de la **figura 3**, ésta parece provenir de un razonamiento lógico por parte de los estudiantes al tratar de resolver una problemática que no necesariamente conocen, como en este caso la estructura

del etanol, y con las herramientas que tienen les permiten llegar a una respuesta adecuada.

El agua y el etanol se mezclan perfectamente porque poseen cargas parciales (dipolos) que *interactúan* muy bien entre sí. Entonces el agua tiene dos dipolos que pueden interactuar con dos moléculas de etanol.

Respuesta escrita de estudiante.

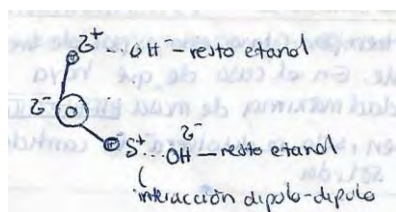


Figura 3. Respuesta gráfica del mismo estudiante.

La **figura 3** lleva a considerar que las respuestas dentro de esta categoría provienen del razonamiento lógico antes mencionado dadas las claras marcas al énfasis en la *interacción* inter-especie señaladas en el lugar apropiado y con una etiqueta nombrándola. Elementos que no están presentes en el resto de las categorías.

Puente de hidrógeno

Aunque el *puente de hidrógeno* también es una interacción inter-especie, esta segunda categoría, es creada porque todas las respuestas de los alumnos incluyen el término de forma muy específica, sin ser el único término que incluye. En general, no se encuentran tendencias de otro tipo, lo que lleva a pensar que los estudiantes, como lo muestra el siguiente ejemplo, apelan a la definición que conocen de *puente de hidrógeno* e intentan complementar su respuesta con algo más, que puede o no tener sentido.

Porque los elementos que los conforman son singulares, en este caso se puede formar *puentes de hidrógeno* desde el agua y con el etanol.

Respuesta de estudiante.

La expresión inicial de estudiante anterior es un tanto incomprensible. No es seguro si con 'elementos' se refiere a los elementos químicos que conforman los compuestos u a otra cosa, y no es claro a qué se refiere con la singularidad de los mismos. Por otro lado, la siguiente categoría hace pensar que inclusive una respuesta como la anterior tiene cierto razonamiento, aunque equívoco, detrás de ella.

Polaridad

La última categoría representativa, es decir que una cantidad considerable de estudiantes, en este caso 23%, hayan respondido en la pregunta 3 es *polaridad*, que apela completamente a la muy usada frase “*lo polar disuelve a lo polar*”, como lo muestra el siguiente ejemplo.

Ambos son compuestos polares, y hay que recordar que lo *polar disuelve a lo polar* y lo *no polar disuelve a lo no polar*.

Respuesta de estudiante.

A pesar de que se puede considerar a esta categoría como la correcta, la categoría siguiente no se limita a sólo un concepto, sino que explica, o los estudiantes intentan explicar, el fenómeno fisicoquímico que se está llevando a cabo.

Pregunta de doble escalón

3.- Elige la opción que mejor explique por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.

Se propone que el primer escalón tenga como respuestas las tres primeras categorías, cuya redacción proviene de las respuestas de los estudiantes.

1) Respuesta correcta	Existe una interacción dipolo – dipolo entre las moléculas de agua y etanol.
a) Justificación correcta	El agua y el etanol se mezclan perfectamente porque poseen cargas parciales (dipolos) que interactúan muy bien entre sí. Entonces el agua tiene dos dipolos que pueden interactuar con dos moléculas de etanol.
b)	El oxígeno es mucho más electronegativo que el hidrógeno, causando un dipolo en el agua.
c)	Porque son dos sustancias dipolares lo cual hace que la relación entre las moléculas se lleve a cabo.
d)	Porque los -OH de etanol se polarizan con los polos del agua.
e)	Son miscibles por el tipo de fuerzas intermoleculares que unen sus átomos.

2)	Porque entre el agua y el etanol se forman puentes de hidrógeno.
a)	Etanol y el agua, ambas son moléculas polares, por lo tanto, al mezclarse crean interacciones fuertes entre sus polos, lo que los hace miscibles el uno en el otro.
b)	Por las interacciones fuertes entre la estructura molecular del agua y el etanol, ya que entre sus moléculas se forman fuertes enlaces llamados puentes de hidrógeno que se presentan de forma multidireccional entre las partículas, es decir, atracciones multidireccionales entre ellas y por ello su mezcla o disolución tan homogénea.
c)	Por su estructura atómica, se puede saber si son solubles los compuestos en H ₂ O. Si cuentan con cargas netas y si puede formar puentes de hidrógeno será soluble en agua.
d)	El etanol y el agua están conformados en su mayoría por hidrógeno, existe una fuerte atracción entre los hidrógenos y el oxígeno, entre ellos se forma los llamados puentes de hidrógeno debido a las cargas parciales, así como la atracción por proximidad.

3)	Ambos compuestos tienen la misma polaridad y lo semejante disuelve a lo semejante.
a)	Porque tienen enlaces covalentes polares.
b)	Porque ambos tienen enlaces polares, y al combinarse o mezclarse, estos se enlazan perfectamente.
c)	La estructura molecular de estas se les llama polar ya que forman zonas parcialmente positivas y negativas, gracias a esto es fácil que se atraigan por electrostática.
d)	Porque ambas sustancias son miscibles entre sí, también se debe a que el agua es una molécula de tipo polar y una de sus características es que son o permiten la disolución con otras no polares.

Pregunta 4

Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el cloruro de sodio (NaCl) se disuelve en agua.



Gráfica 4. Categorías de las CA en la pregunta 4.

Disociación

Recordando las respuestas de la pregunta 1, en esta pregunta la categoría más representativa es *disociación*. Es representativo pues los alumnos claramente relacionan a su concepto de solubilidad con el concepto de *disociación iónica*. Se esperaría entonces que la gran mayoría de los alumnos respondiesen en esta categoría, pero no lo hacen. El motivo, tienen CA en su entendimiento del concepto. Se observarán, inclusive en esta categoría, más adelante en la creación del segundo escalón.

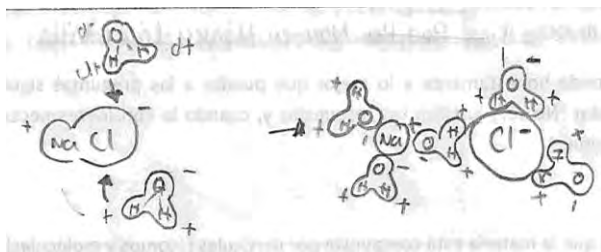


Figura 4. Respuesta de estudiante.

La **figura 4** da una respuesta con un dibujo detallado que a su vez muestra el proceso de *disociación* de la sal. Inclusive modela las áreas de densidad electrónica, mostrando mejor la interacción de la carga parcial positiva del hidrógeno y el ión cloruro.

Ión – dipolo

En esta categoría, *ión – dipolo*, pareciera que los estudiantes relacionan su respuesta con la de la pregunta 3, pues en ella, así como en esta, existe una categoría en la que las respuestas son sumamente específicas y por lo mismo se considerará ésta como la respuesta correcta.

El NaCl es una sal, redes formadas por cargas compuestas (iones), cationes $+(Na)$ y aniones $-(Cl)$ que al interactuar con una mol de H_2O que tiene parciales de carga positivas y parciales de carga negativa (δ^-) por las leyes de la electrostática o de cargas, signos contrarios se unirán mediante una interacción inter-especie *ión – dipolo*.

Respuesta escrita de estudiante.

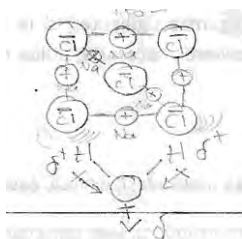


Figura 5. Respuesta de estudiante.

La **figura 5** es un ejemplo de lo detallada que puede ser una respuesta. Se considerará a esta categoría como la respuesta correcta.

Confusión conceptual, soluble e interacción desconocida.

Las siguientes tres categorías son *confusión conceptual*, *soluble* e *interacción desconocida*, y las tres tienen como raíz CA distinguibles una de la otra. La razón por la cual son tres categorías distintas y no una sola es muy sencilla.

Es el propósito de este trabajo identificar y permitir el análisis de las CA de los estudiantes lo mejor posible, mediante una herramienta de evaluación. Las respuestas contenidas dentro de cada una de las categorías anteriores son sumamente específicas y provienen de distintos errores conceptuales en los estudiantes, que se abordarán en seguida. Adicionalmente, la suma de las tres categorías en cuestión constituye más de una cuarta parte del total de las respuestas, se ha decidido por lo tanto mantenerlas como se han presentado.

Es debido a los momentos dipolo que presenta el agua con respecto a los iones de NaCl, los H del agua rodean a los Na y los O rodean a los Cl.

Respuesta de estudiante.

Obviando, de momento, que el estudiante anterior considera que el hidrógeno y el oxígeno se disocian como si fuesen un compuesto iónico, la apabullante *confusión* del estudiante con respecto a que el hidrógeno, positivamente cargado parcialmente, rodee al catión y que el oxígeno, negativamente cargado parcialmente, rodee al anión dentro de la disolución merece por sí misma la creación de la categoría *confusión conceptual*. Aunque no es el único caso del estilo.

El cloruro de sodio es *disolvente* en agua, ya que este es un buen *disolvente*.

Respuesta de estudiante.

Adicionalmente al error de redacción en la respuesta del estudiante anterior, decir que algo es un buen disolvente y nada más definitivamente le confiere *la propiedad de disolverse* a lo que sea que se está describiendo. Aunque es posible suponer en lo que en realidad piensa el estudiante, la evidencia sólo sugiere que él mismo sólo sabe que de *alguna manera* el agua disuelve al cloruro de sodio, por lo que se propone la creación de la categoría *soluble*.

Porque las partículas tienen las mismas fuerzas de *interacción*.

Respuesta de estudiante.

La respuesta del estudiante anterior de inmediato salta a la vista del químico experimentado y no puede evitar preguntarse, ¿Cuáles? ante tan simple declaración. A pesar de ello, se puede suponer que el estudiante está consciente de que efectivamente existe una *interacción* de algún tipo, ahora bien, es claro que la *interacción* en cuestión es *desconocida* por el mismo, y sólo queda la interpretación del lector y la categoría en sí.

Sin embargo, se hace notar que, para la construcción de la pregunta de doble escalón, las antes mencionadas categorías fungirán como las opciones para el segundo escalón, y el primero será la CA más frecuente.

Pregunta de doble escalón

4.- Elige la opción que mejor explique por qué el cloruro de sodio se disuelve en agua.

Primero, se presentan algunas CA dentro de la categoría de *disociación*, con el fin de proponer las opciones de su segundo escalón.

1)	Porque el cloruro de sodio se disocia en cationes y aniones.
a)	Al agregar al H ₂ O, NaCl se disocia en Na ⁺ y Cl ⁻ , las moléculas de agua, el O rodea al Na y los H rodean al Cl.
b)	Se debe a que el NaCl tiene la capacidad de disociarse en disolventes polares, gracias a los puentes de hidrógeno y que el NaCl es iónico.
c)	Porque las moléculas H ₂ O tienden a disociar esta sal y formar iones Na ⁺ y Cl ⁻ acomodándose a los alrededores de cada uno con un potencial eléctrico.
d)	El cloruro de sodio es un compuesto iónico, sus electronegatividades son diferentes y van a producir una fuerza que se va a disociar con la del agua.

Segundo, las CA para proponer las opciones del segundo escalón de la categoría *ión – dipolo* se presentan a continuación. Adicionalmente, la respuesta correcta se toma conforme a la definición proporcionada por la mayoría de los alumnos dentro de esta categoría.

2) Respuesta correcta	Existe una interacción ión – dipolo entre las moléculas de agua y los iones de NaCl.
a) Justificación correcta	Porque se produce una interacción ión – dipolo entre ambas moléculas.
b)	Por el tipo de interacción que se presenta el ión – dipolo, ya que el agua hace que solvate el NaCl y el catión del agua se vaya con el anión del NaCl
c)	Por el tipo de interacción que se presenta el ión – dipolo, ya que el agua hace que solvate el NaCl y el catión del agua se vaya con el anión del NaCl
d)	Es una sal y eso quiere decir que es un compuesto iónico por esto presenta 2 polos diferentes dipolo – dipolo y es soluble porque cada carga siente una atracción hacia determinada región del agua formando interacciones ión – dipolo.

Tercero, para el primer escalón se elige la CA más encontrada dentro de las tres categorías, para luego proponer como segundo escalón las tres categorías principales, *confusión conceptual*, *soluble* e *interacción desconocida*.

3)	Se forman enlaces provisionales entre el NaCl y el agua que permiten su disolución.
a)	Es debido a los momentos dipolo que presenta el agua con respecto a los iones de NaCl, los H del agua rodean a los Na y los O rodean a los Cl.
b)	Porque la mayoría de sales son solubles en agua.
c)	Porque las partículas tienen las mismas fuerzas de interacción.

Pregunta 5

¿Por qué el cloruro de sodio (NaCl) es soluble en agua, pero el cloruro de plata (AgCl) no lo es?



Gráfica 5. Categorías de las CA en la pregunta 5.

Es necesario destacar que el 40% de los estudiantes sondeados no responden a la pregunta, indicativo de la poca o nula noción que tienen los alumnos en cuanto a la solubilidad selectiva de ciertas sales.

Reglas de solubilidad

De una u otra forma, los estudiantes, como el siguiente ejemplo, tienen la noción que existe una lista de *reglas de solubilidad* que dicta cuáles sustancias son *solubles* en agua y cuáles no. Sin embargo, esta lista, y cualquier razonamiento que pudiese existir para su creación, es desconocida para los mismos.

Porque los cloruros de metales pesados precipitan y son insolubles en H₂O por *reglas de solubilidad*.

Respuesta de estudiante.

Existe además una distinción en los alumnos en cuanto a los metales que conforman una sal, como muestra el estudiante anterior al mencionar a los metales pesados, que otros alumnos a su vez han respondido dentro de esta categoría. No está del todo clara esta distinción, y convendría indagar al respecto para analizar mejor las CA que pudiese haber en los alumnos.

No se puede disociar

Esta categoría sencillamente *niega la solubilidad* del cloruro de plata y esta negación puede o no tener un motivo detrás. Se considerará esta categoría como la respuesta correcta en el primer escalón, porque, los conocimientos con los que se ha provisto a los alumnos hasta su curso de QGII, no son suficientes para responder de manera satisfactoria a esta pregunta; pero no exime a algunos alumnos, como el siguiente ejemplo, de tener un entendimiento rudimentario de los motivos detrás de la insolubilidad del cloruro de plata frente al cloruro de sodio, así sea solamente la posición del metal en la tabla periódica.

Por las fuerzas entre los átomos de los dos compuestos. El cloruro de plata tiene un comportamiento “más covalente”.

Respuesta de estudiante.

Por ahora, un carácter ‘más covalente’ es una respuesta suficiente para los alumnos, por lo menos hasta que avancen sólo un poco en su formación científica en la química.

Por las interacciones

Los estudiantes usualmente respondieron que sí hay interacciones inter-especie entre el cloruro de plata y el agua, ya sea de manera diferente al cloruro de sodio o menos significativa que el mismo. Sin embargo, el ejemplo siguiente es más representativo de la categoría porque, no se ofrecen explicaciones para el fenómeno en cuestión. A tal grado que prefiere decir que no existe interacción alguna entre la plata y ninguna otra molécula o partícula microscópica. Pero no

explica a qué especie de la plata está apelando, aunque parecería que es la plata metálica.

La plata no tiene *interacciones* inter-especies.

Respuesta de estudiante.

Los estudiantes pueden no conocer la respuesta a una pregunta y consecuentemente responder de manera ininteligible, pero, lo que sí se responde corresponde a una CA en los estudiantes.

Confusión conceptual

Esta categoría, aunque poco numerosa, se encuentra en varias de las preguntas de este cuestionario inicial. No es de menospreciar su importancia, puesto que es indicativa de **las concepciones alternativas más graves que presentan los estudiantes**, que afectan su entendimiento de fenómenos complejos como lo es la solubilidad. Es tarea de este trabajo analizarlas para un futuro uso constructivo de dicha información.

El NaCl presenta un enlace iónico, al separarlos forman iones que se sienten atraídos por el hidrógeno y oxígeno del agua, la plata es un metal de transición que no forma enlaces con los átomos del agua.

Respuesta de estudiante.

Las palabras finales de la respuesta del estudiante anterior son representativas de la gravedad de sus CA. Esto último resulta evidente pues el estudiante tiene nociones de enlaces químicos que se forman al disolver un soluto, que no presenta el cloruro de plata, pero otros sí, y no se puede dejar pasar la notoria mención de la existencia de átomos de agua.

Pregunta de doble escalón

5.- Elige la opción que mejor explique por qué el NaCl es soluble en agua, pero el AgCl no lo es.

Las respuestas que han sido elegidas para el segundo escalón de la categoría *reglas de solubilidad* apelan a distintas propiedades de las disoluciones y sus componentes que proveen opciones viables para el mismo.

1)	Porque las reglas de solubilidad indican que el AgCl es insoluble.
a)	Porque para que exista un puente de hidrógeno debe encontrarse con un átomo electronegativo. Las reglas de solubilidad para compuestos iónicos dicen que AgCl no es soluble.
b)	Por las reglas de solubilidad la plata es insoluble en agua. $\text{H}_2\text{O} + 2\text{AgCl} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + \text{Ag}_2\text{O}$.
c)	Porque el Na pertenece a la familia I y la Ag no, es decir el Na es alcalino.

Ahora bien, en la categoría *no se puede disociar*, los estudiantes proporcionan distintas razones para lo mismo, y esta variedad se aprovecha en la proposición del segundo escalón de esta respuesta.

2) Respuesta correcta	El AgCl presenta un comportamiento 'más covalente' que le impide disolverse.
a) Justificación correcta	El cloruro de sodio es polar pero el cloruro de plata es iónico y es por eso que la polaridad del agua no puede con los enlaces iónicos del AgCl.
b)	Porque el NaCl tiene cargas netas que atraen a las cargas parciales del H ₂ O y además de que cuando se disuelve en H ₂ O, se forman puentes e hidrógeno.
c)	Es porque tiene Na ⁺ el NaCl y las sales alcalinas se disuelven, además de que es una red iónica.

En la categoría *por las interacciones*, hacen los estudiantes énfasis en las mismas, aseverando que sean más, menos, igual de o para nada cuantitativas para las dos especies de la pregunta 5, cloruro de sodio y cloruro de plata.

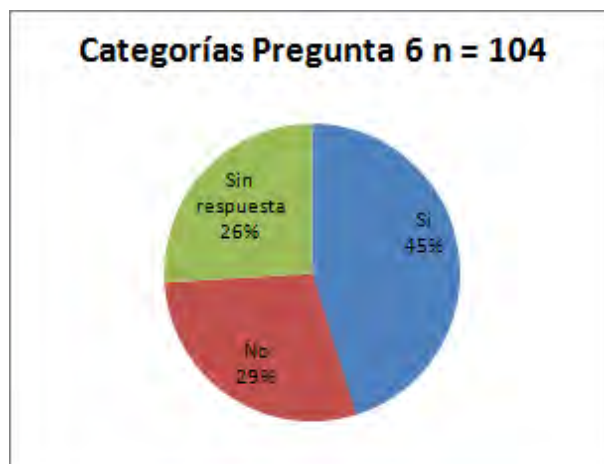
3)	La plata tiene interacciones intermoleculares distintas a las del sodio.
a)	Porque en el cloruro de sodio las interacciones del agua son más significativas que en el cloruro de plata.
b)	La plata no tiene interacciones intermoleculares.
c)	Porque el NaCl tiene las mismas fuerzas de interacción que el agua y el AgCl no.
d)	Porque las interacciones moleculares son bajas.

Finalmente, la categoría *confusión conceptual*, contiene otro tanto aún más confuso en su contenido, proporcionando así posibles respuestas para el segundo escalón de esta última opción.

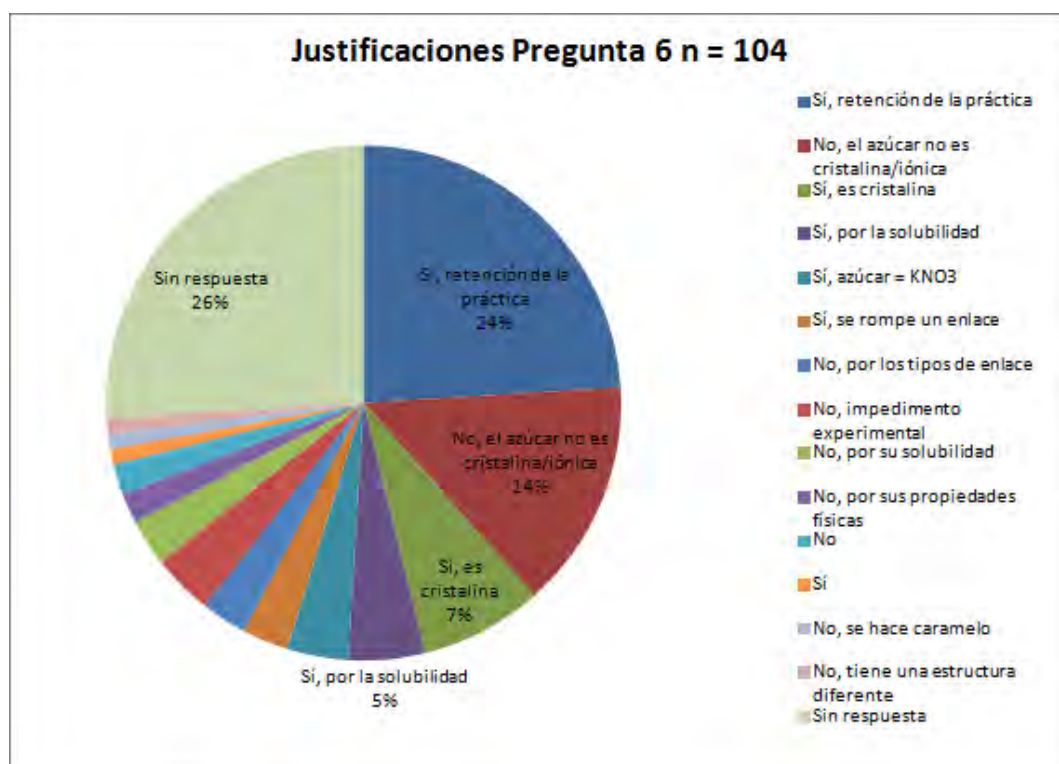
4)	La plata al ser metal de transición no forma enlaces con el agua.
a)	Porque no forma un enlace iónico.
b)	Porque el cloruro de plata no tiene polaridad como la molécula de agua y no logra disociar a los iones Na^+ y Cl^- del cloruro de sodio.
c)	Porque no ocurre lo que sucede con el agua, es decir no hay carga en el cloruro de plata que atraiga al NaCl.
d)	El NaCl presenta un enlace iónico, al separarlos forman iones que se sienten atraídos por el hidrógeno y oxígeno del agua, la plata es un metal de transición que no forma enlaces con los átomos del agua.

Pregunta 6

En una práctica de Química General I disolviste y cristalizaste KNO_3 en agua, ¿se podría realizar el mismo procedimiento experimental con azúcar en casa? ¿Por qué?



Gráfica 6.1. Categorías de las CA en la pregunta 6.



Gráfica 6.2. Categorías de las justificaciones en la pregunta 6.

La pregunta 6 se ha incluido en el cuestionario abierto con dos propósitos. Primero, sondear si los estudiantes pueden relacionar los conceptos de solubilidad que aprendieron en sus prácticas de QGI relacionadas con el tema. Segundo, para introducir la pregunta 7 de modo que el cuestionario tuviese un sentido lógico para los estudiantes. Por lo mismo, no se propondrá una pregunta de doble escalón análoga a la pregunta 6.

Como se puede apreciar en la gráfica 6.2, el 45% de los estudiantes pueden relacionar ciertos conceptos de los antes mencionados con su vida diaria, dando indicios de retención en esa área. Se estudiarán a continuación las justificaciones más representativas.

Sí, retención de la práctica

En esta categoría los estudiantes demuestran, por lo menos someramente, que tienen retención de lo aprendido en sus prácticas. Como lo muestra el ejemplo siguiente que no ve inconveniente en realizar el mismo procedimiento experimental en casa, a pesar de la evidente diferencia entre el nitrato de potasio y el azúcar, lo cual está bien. También demuestra tener noción que cualquier soluto disuelto es susceptible a los cambios que presente el sistema, en este caso, de temperatura, lo cual también está bien y demuestra que recuerda bien su práctica de QGI.

Sí, porque al subir la temperatura la solubilidad del azúcar aumenta, por lo que una vez saturada la disolución, en cuanto la temperatura comience a descender el azúcar debería de cristalizar.

Respuesta de estudiante.

No, el azúcar no es cristalina/iónica

La otra cara de la moneda, las respuestas negativas a la pregunta 6 están más comúnmente dentro de esta categoría. Además de considerar al azúcar como heterogénea, sea lo que sea que eso signifique, el siguiente ejemplo está convencido que el motivo por el cual el azúcar no puede ser parte de una disolución es porque no es cristalina. Haciendo referencia al trabajo de Blanco et al. (1997) que considera que la percepción de la solubilidad, específicamente del azúcar, puede depender de la cantidad que se agregue al café o al té, podría ser que dicho fenómeno haya influenciado al ejemplo siguiente.

No, porque la disolución de azúcar no es homogénea y al calentarla no se forman *crisales*.

Respuesta de estudiante.

Sí, es cristalina

En contraposición a la categoría anterior, donde el azúcar no es soluble porque no es un cristal, aquí sí es soluble y justo porque es un cristal. Estas diferencias hablan mucho de las inconsistencias generales sobre las nociones conceptuales que tienen los estudiantes. Dichas inconsistencias se ven reflejadas en la respuesta del ejemplo siguiente que, a pesar de tener la respuesta correcta, sus justificaciones dejan mucho que desear. En un inicio se pensaría que conoce bien cómo es que se forman los cristales, pero considerar que un mono cristal es el resultado de la cristalización del azúcar es sumamente rudimentario.

Sí, ya que el agua se va evaporando, por lo que el azúcar forma redes, que se “juntan” en un solo *cristal*.

Respuesta de estudiante.

Sí, por la solubilidad

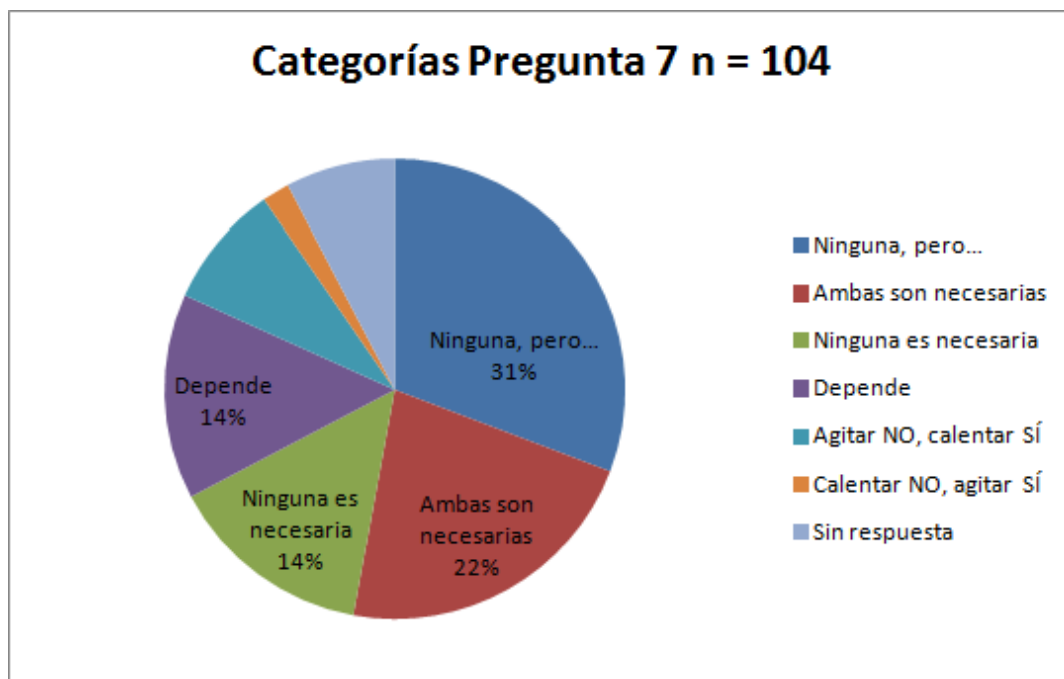
Finalmente, los estudiantes apelan de nuevo a las propiedades que ellos mismos le confieren a la solubilidad. Es decir, como se ve en el siguiente ejemplo, sencillamente reconocen que el azúcar es soluble en agua y por lo mismo se puede repetir el experimento en casa.

Sí, porque ambos son solubles en agua, pero el azúcar se puede disolver más en el agua y por lo tanto tardará más para cristalizarse.

Respuesta de estudiante.

Pregunta 7

En la misma práctica calentaste a baño maría un tubo de ensayo con agua para disolver KNO_3 , ¿se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema?



Gráfica 7. Categorías de las CA en la pregunta 7.

Anteriormente se menciona que una de las CA sobre las propiedades de las disoluciones que existen reportadas en la literatura es la noción que la aplicación de calor o que la agitación son requisitos para la formación de una disolución. La pregunta 7 intenta sondear dichas CA. Sólo el 14% considera que ninguna es necesaria, siendo ésta la respuesta correcta.

Ninguna, pero...

Una respuesta parcialmente correcta, pues no considera ni a la temperatura ni a la agitación necesarias para la formación de una disolución, pero sí considera alguna otra condicionante. Por ejemplo, diversas propiedades que ellos consideran importantes en el proceso de disolución, como la solubilidad del soluto, mostrado a continuación.

Sí se puede, depende de la solubilidad de la sustancia.

Respuesta de estudiante.

Ambas son necesarias

La categoría ambas son necesarias, incluye el aumento de temperatura y la agitación como requisitos para la formación de una disolución. El siguiente ejemplo incluso habla de incentivar al soluto y al disolvente para que hagan algo, supondremos que ese algo es formar una disolución.

No, tienes que “*incentivar*” a los dos (soluto y disolvente) a que hagan algo.

Respuesta de estudiante.

Ninguna es necesaria

Efectivamente la respuesta correcta a esta pregunta. Porque el objetivo de la pregunta 7 es indagar si el alumno considera que sólo un procedimiento como el que realizó en su práctica de QGI permitiría la disolución de un soluto. O, en otras palabras, se busca una respuesta fenomenológica a nivel sub-microscópico por parte del estudiante que permita indagar si el alumno comprende el fenómeno por completo o sólo la parte macroscópica de disolver KNO_3 en agua o azúcar en café.

Se rescata de la respuesta del siguiente ejemplo que considera que el aumento de la temperatura y la agitación permite una disolución mucho más efectiva o eficiente del soluto, no sin dejar de ser opcionales al proceso de disolución.

Hay solutos que no requieren de *ninguna* interferencia (calentar o mover) debido a que tienen una alta solubilidad en el agua, cuando calentamos el movimiento en las moléculas de agua aumenta lo que permite al soluto disolverse con mayor facilidad.

Respuesta de estudiante.

Depende

Finalmente, la categoría *depende* les da prioridad a las propiedades del soluto y el disolvente para determinar si es necesario agitar y/o aumentar la temperatura para que se lleve a cabo la disolución de los mismos. Las propiedades de las cuales depende son variadas y se presentan como opciones para el segundo escalón.

La solubilidad *depende* de la temperatura, por lo que se puede disolver un poco más o menos de KNO_3 , dependiendo de una variable y la naturaleza del compuesto.

Respuesta de estudiante.

Pregunta de doble escalón

6.- Elige la opción que mejor explique si se puede o no disolver un soluto sin agitar ni aumentar la temperatura del sistema.

Las condicionantes de la categoría *ninguna, pero...* son sumamente variadas, se eligen las siguientes cuatro por ser las que mejor conformarían el segundo escalón. Es decir, son las respuestas que parecen tener un razonamiento, aunque errado, detrás de ellas.


1)	No se requiere de ninguna, pero dependerá del soluto y del disolvente.
a)	Sí se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar, pero sería muy tardado, por ello se agita y calienta el sistema para que se apresure o sea más rápido el proceso, pero en algunos casos el calentar aumenta la solubilidad. 
b)	Sí, pero tendría que ser una disolución insaturada.

Figura 6. Respuesta de estudiante.

c)	Sí, se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema, ya que algunos solutos se disuelven casi al instante, dependiendo de qué tipo sea el disolvente.
d)	Sí, pero hay que tomar en cuenta que depende de su solubilidad a esa temperatura, y la superficie de contacto con el disolvente.

La categoría *ambas son necesarias* contiene las CA que se buscaban con el planteamiento de esta pregunta. Y las justificaciones de los estudiantes para la misma son igual de errados.

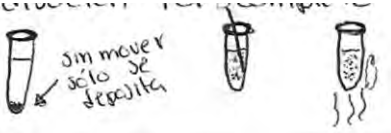
2)	Ambas son necesarias, hay que incentivar al sistema para que se disuelvan.
a)	No, se necesita de una transferencia de energía para lograr el rompimiento de los enlaces en los compuestos.
b)	No, porque tiene que intervenir alguna fuerza o factor que haga que los enlaces se rompan y formen unos nuevos.
c)	No, porque no se estarían realizando las interacciones intermoleculares de forma correcta, ni homogénea, por lo que aquellas moléculas que no interaccionen con el disolvente no se disolverán completamente.
d)	No, es necesario mover el sistema para que los iones se disocien por completo de forma uniforme. 

Figura 7. Respuesta de estudiante.

3) Respuesta correcta	Ninguna es necesaria.
a)	Sí, son las reacciones exotérmicas.
b)	Sí, el calentar y agitar es para aumentar la solubilidad dado un volumen.
c)	Sí, es el caso del etanol y agua, pero debes observar la polaridad de las sustancias. Si son polares se disuelven.
d) Justificación correcta	Sí, se pueden disolver determinados gramos de una sustancia en agua, sin embargo, al calentar lo hacemos más rápido.

Por último, la categoría *depende* describe con sus múltiples respuestas qué condiciones y propiedades dictarán si la agitación o el aumento de temperatura es necesario para la formación de una disolución.

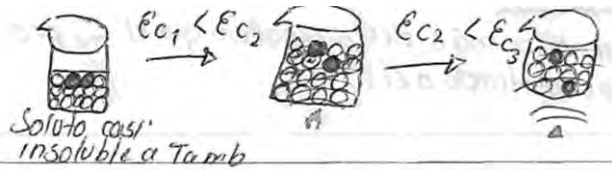
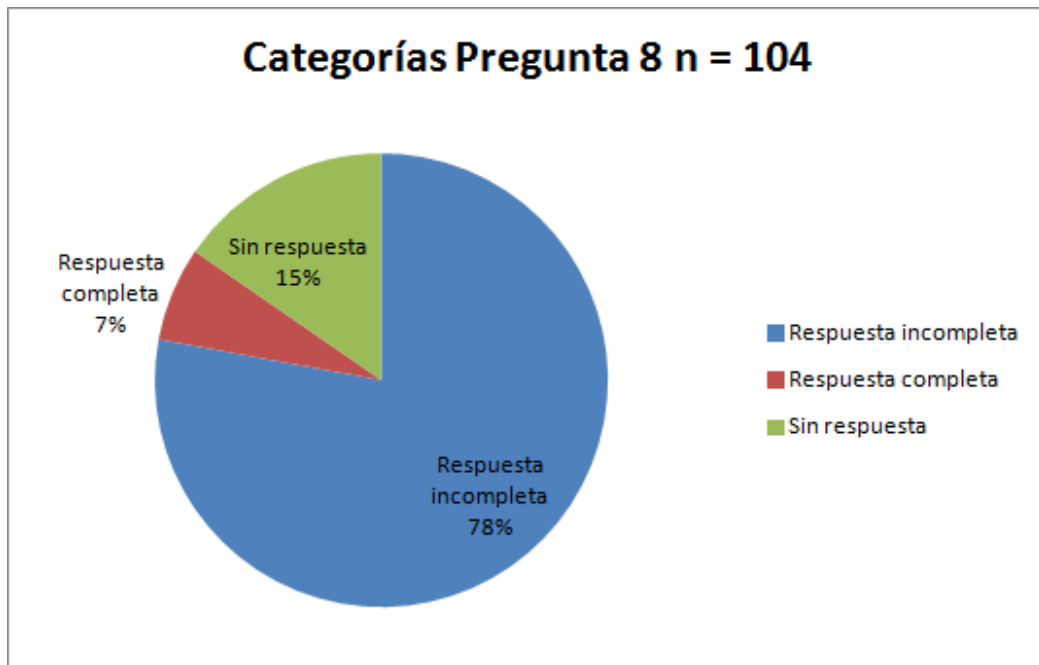
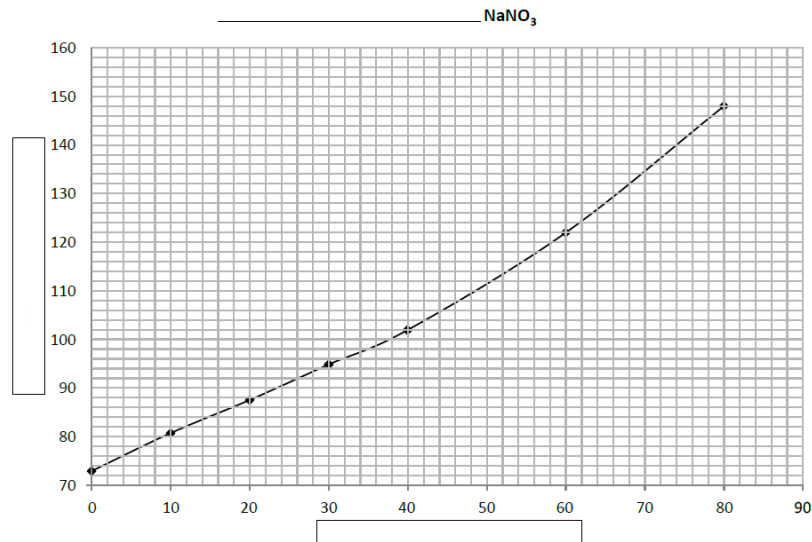
4)	La naturaleza del soluto y del disolvente determinarán cual es necesaria.
a)	Depende de la solubilidad de la sustancia, si es muy soluble no es necesario manipularla, si no lo es, se necesita modificar la temperatura y para que sea más rápido agitarla.
b)	Depende de la cantidad de soluto que le agregues, si buscas una disolución saturada por lo cual agregarás la máxima cantidad de soluto que se puede disolver, será necesario agitarlo para que reaccionen todos los iones posibles.
c)	Solo si la solubilidad es muy alta. Al agitar o calentar se aumenta la E_c de las moléculas promoviendo su miscibilidad. 

Figura 8. Respuesta de estudiante.

Pregunta 8

Completa la gráfica. Describe la relación/proporción de las magnitudes expresadas.



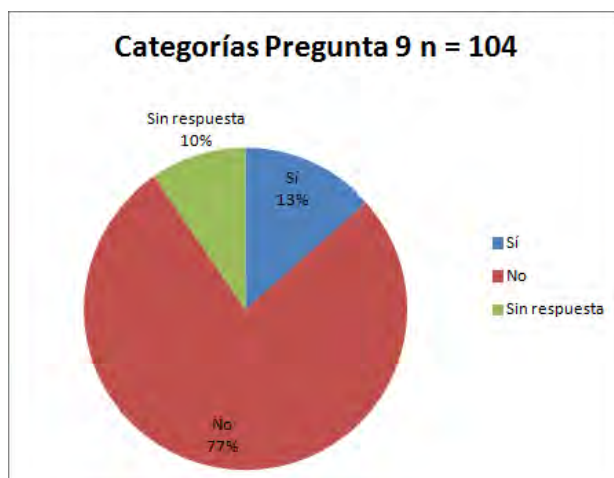
Gráfica 8. Categorías de las CA en la pregunta 8.

Al igual que en la pregunta 6, la pregunta 8 fue introducida al cuestionario abierto con dos propósitos. Primero, sondear si los alumnos recuerdan completamente lo aprendido en sus prácticas de laboratorio relacionadas con solubilidad en su curso de QGI. Segundo, introducir la pregunta 9, que está muy relacionada con la pregunta 8, para que el cuestionario tuviese un sentido lógico para el estudiante. Adicionalmente, como se puede apreciar en la gráfica 8, las respuestas han sido clasificadas de tal modo que no es posible crear un segundo escalón de manera efectiva. Por lo tanto, no se ha propuesto una pregunta de doble escalón análoga a la pregunta 8.

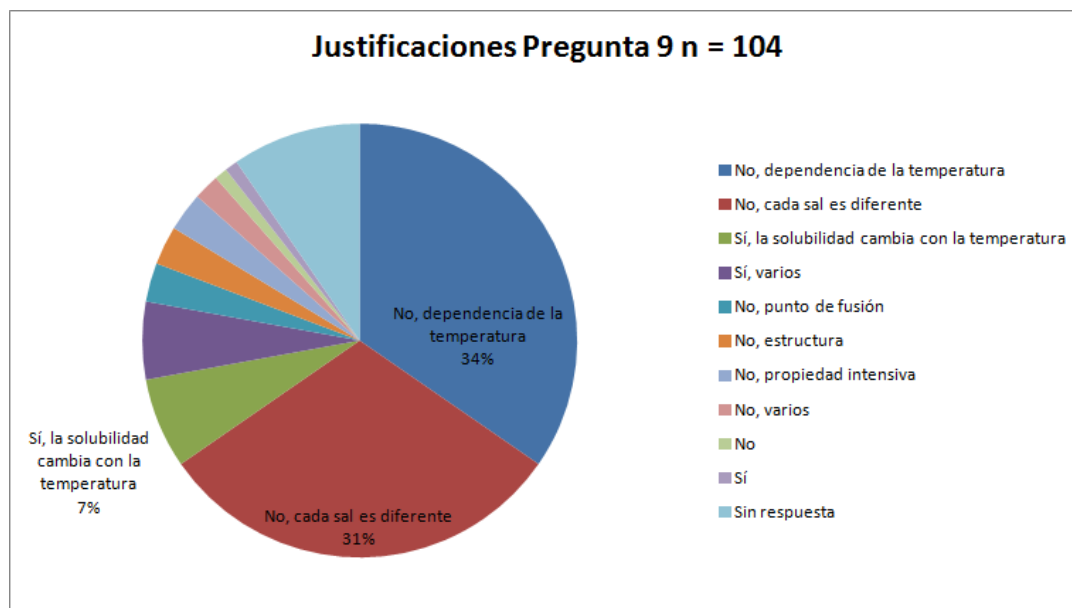
Como se menciona anteriormente, las evidencias recolectadas indican que los alumnos no tienen retención de sus prácticas de laboratorio. Al ser incapaces, mayoritariamente, de completar la gráfica presentada.

Pregunta 9

¿La tendencia de la gráfica anterior sería igual para otras sales? ¿Por qué?



Gráfica 9.1. Categorías de las CA en la pregunta 9.



Gráfica 9.2. Categorías a las justificaciones en la pregunta 9.

De manera similar a preguntas anteriores, la pregunta 9 intenta sondear si los alumnos comprenden si los solutos se comportarían diferentemente o no al intentar disolverlos, planteado de tal modo que el estudiante pueda pensar

cuantitativamente. Con un 77% de población con respuesta acertada, o parcialmente acertada por lo menos, se puede pensar que los alumnos efectivamente tienen en claro la idea que diferentes solutos se comportarían de forma distinguible en la construcción de una curva de solubilidad. Y esta es la noción rescatable de las prácticas de laboratorio sobre solubilidad del curso de QGI, como se vio en el análisis de la pregunta 6.

No, dependencia de la temperatura

Esta categoría hace énfasis en el comportamiento singular de cada soluto diferente en disolución ante el *cambio de temperatura*. Dicha diferencia no radica necesariamente en la naturaleza de la sal, sino en su comportamiento en disolución, como se muestra a continuación.

No, porque cada sal tiene una solubilidad distinta y se comporta distinto a *diferentes temperaturas*.

Respuesta de estudiante.

No, cada sal es diferente

En cambio, en esta categoría la diferencia radica en la naturaleza, es decir las propiedades únicas de cada sal. Como lo muestra el siguiente ejemplo, que hace énfasis en las propiedades, aunque desconocidas, de las sales y como estas puede afectar su solubilidad.

No porque cada sal tiene distinta solubilidad dependiendo de sus propiedades.

Respuesta de estudiante.

Sí, la solubilidad cambia con la temperatura

Por otro lado, el 13% de los estudiantes responde que otras sales tendrían un comportamiento idéntico, y más de la mitad se justifica dentro de esta

categoría. El ejemplo siguiente dice que como la solubilidad es afectada por la temperatura, todas las sales están sujetas de la misma manera a este cambio.

Sí, porque la solubilidad es afectada por la temperatura, a mayor temperatura, mayor solubilidad.

Respuesta de estudiante.

Pregunta de doble escalón

7.- Elige la opción que mejor explique si distintas sales tendrían distintas solubilidades o no.

La primera opción del primer escalón, la categoría *no, dependencia de la temperatura*, tiene como segundo escalón los distintos comportamientos ante esta dependencia que se encontraron en las respuestas de los estudiantes.

1)	Sí, cada sal se comporta distinta ante el cambio de temperatura del sistema.
a)	No, hay diversas sales que no siguen ese comportamiento, sino que entre menor temperatura mayor cantidad se disuelve, depende de las propiedades físicas y químicas propias de cada sal.
b)	No, hay sales que no pueden disolverse a la misma temperatura, dependerá de su densidad y su concentración.
c)	No, porque tienen un límite de sobresaturación que depende de la sustancia y varía con la temperatura.
d)	No, ya que interviene la temperatura y el tiempo en que tarda en cristalizar la sal.

La segunda opción del primer escalón, la categoría *no, cada sal es diferente*, será considerada como la respuesta correcta.

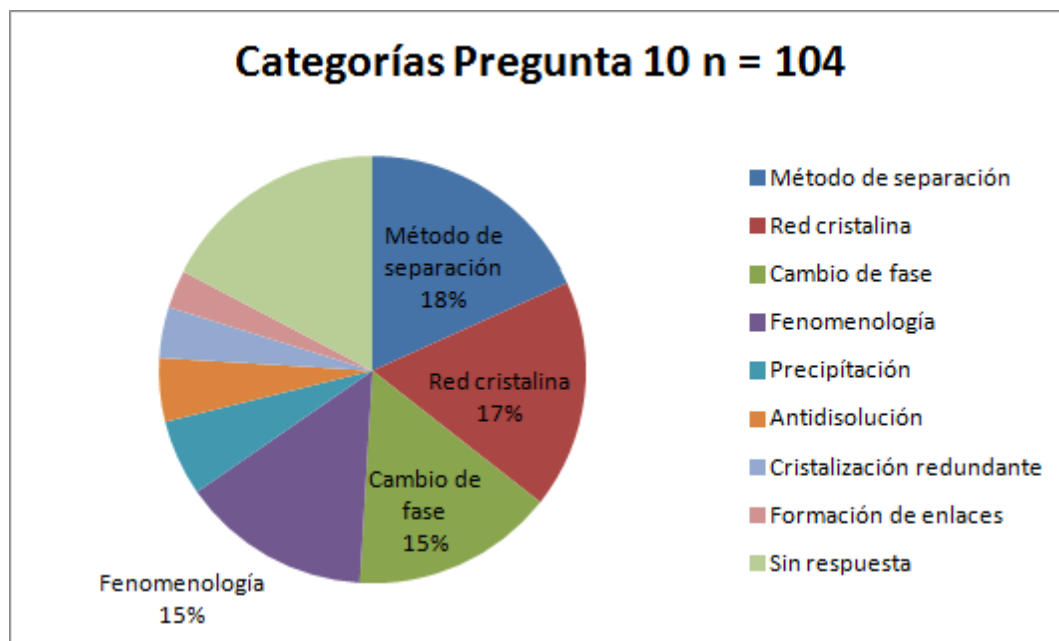
2) Respuesta correcta	Sí, cada sal es diferente y por lo tanto tienen diferentes propiedades.
a)	Podría ser, depende de las características propias de la sal, la polaridad, el tipo de enlace, las temperaturas de fusión y ebullición.
b)	No, porque algunas sales pueden diluir más rápidamente que otros.
c) Justificación correcta	No, porque cada sal tiene su diferente comportamiento y los disolventes, dependiendo de la sal que sea, aceptará una cierta cantidad.
d)	No, ya que hay sales que tienen una curva de negatividad hacia abajo y su solubilidad es diferente.

En la tercera y última opción del primer escalón, la categoría *sí, la solubilidad cambia con la temperatura*, las respuestas se limitan un poco a decir que la solubilidad aumenta con el aumento de la temperatura, con unas cuantas variantes.

3)	No, la solubilidad cambia con la temperatura independientemente de la disolución.
a)	La tendencia sería igual, ya que al aumentar la temperatura la solubilidad aumenta, en el caso de la tabla, en la escala de la temperatura aumenta.
b)	Sí, porque la solubilidad puede relacionarse con la temperatura no solo para esa sal.
c)	Porque todas las sustancias al calentarse mayor es su solubilidad en el agua.

Pregunta 10

Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la cristalización?



Gráfica 10. Categorías de las CA en la pregunta 10.

La pregunta 10 se ha creado con el fin de determinar si los alumnos sondeados pueden aplicar los conceptos de solubilidad y de propiedades de las disoluciones en el entendimiento de un procedimiento que hasta el momento es un mero instrumento de trabajo en el laboratorio. Las respuestas obtenidas parecen indicar que no es así, pues la categoría más representativa es *método de separación*, y las demás son explicaciones que no incluyen los antes mencionados conceptos.

Método de separación

Como muestra el siguiente ejemplo, la cristalización es vista como un *método de separación* de mezclas, en este caso, disoluciones. Al no encontrar evidencia en el resto de las categorías de una correlación con los conceptos de

solubilidad o de disoluciones, y debido a que en realidad así es como los alumnos conocen la cristalización hasta este punto, se considerará como la respuesta correcta del primer escalón.

Método de separación que aprovecha la solubilidad a temperaturas específicas de un soluto, en la cual las partículas que componen al soluto se organizan en cuerpos geométricos.

Respuesta de estudiante.

Red cristalina

Pareciera que es gusto de los estudiantes describir un concepto oscuro, por lo menos para ellos, en este caso la cristalización, con uno más oscuro aún, como lo muestra el ejemplo siguiente, la celda unitaria de una red cristalina.

Es el acomodo de átomos en una red cristalina.

Respuesta escrita de estudiante.

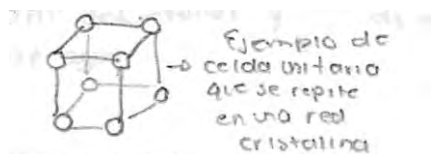


Figura 9. Respuesta gráfica de estudiante.

Cambio de fase

Algunos estudiantes, aunque no como el siguiente ejemplo, tienen la CA de considerar que una disolución es una sustancia pura que puede pasar de fase líquida a sólida en la cristalización. Esto último debido probablemente a que en su práctica de laboratorio se evapora casi todo el disolvente como parte de su procedimiento experimental. Ahora bien, no considera a la disolución como una sustancia pura, pero sí considera al soluto disuelto como si estuviese en estado líquido.

Los átomos de una sustancia se encuentran dispersos en el solvente, y al bajar la temperatura pierden energía y vibran más despacio, lo que provoca que los espacios entre átomo y átomo disminuyan y pasen a *fase sólida*.

Respuesta de estudiante.

Fenomenología

En esta categoría, como otras antes de ella, los estudiantes describen diversos fenómenos que no son del todo inteligibles para el lector de sus respuestas. O en términos mundanos, los estudiantes en la categoría *fenomenología*, como se muestra a continuación, realmente no están diciendo nada. La única similitud entre las respuestas es que están describiendo un *fenómeno* que en su mente explica la cristalización.

Cuando una sustancia es sometida a calor sus partículas están alborotadas lo cual provoca una inconsistencia en su estructura provocando que se separe, la cristalización es cuando esas partículas vuelven a un estado más estable o en algunos casos no interactúa con las demás.

Respuesta de estudiante.

Pregunta de doble escalón

8.- Elige la opción que mejor explique qué es la cristalización.

El segundo escalón de la categoría *método de separación* se verá conformado por las explicaciones que proveen los estudiantes al respecto en sus respuestas.

1) Respuesta correcta	Es un método de separación de mezclas.
a)	Es el proceso o método para obtener el compuesto de una disolución saturada puro.
b)	Es un método de separación en el que se aprovecha la temperatura de ebullición, sublimación, de una de las sustancias.
c) Justificación correcta	Es un método de separación, en donde ocurre una nucleación.
d)	Es un método de separación de mezclas, se puede usar para la purificación de un compuesto sólido. Depende de la polaridad, solubilidad.

En la categoría *red cristalina* se encuentran varias condiciones a la creación de la misma, que conformaran las opciones del segundo escalón.

2)	Es el acomodo de átomos en una red cristalina.
a)	Es la formación de redes sólidas debida a la sobresaturación de una mezcla.
b)	Es el proceso en el cual dos iones de carga opuesta forman un compuesto de estructura cristalina y por lo tanto con energía reticular.
c)	La cristalización es la capacidad que tienen ciertos compuestos para formar redes moleculares.
d)	La cristalización es la acumulación de una o varias sales que tienen un patrón geométrico definido.

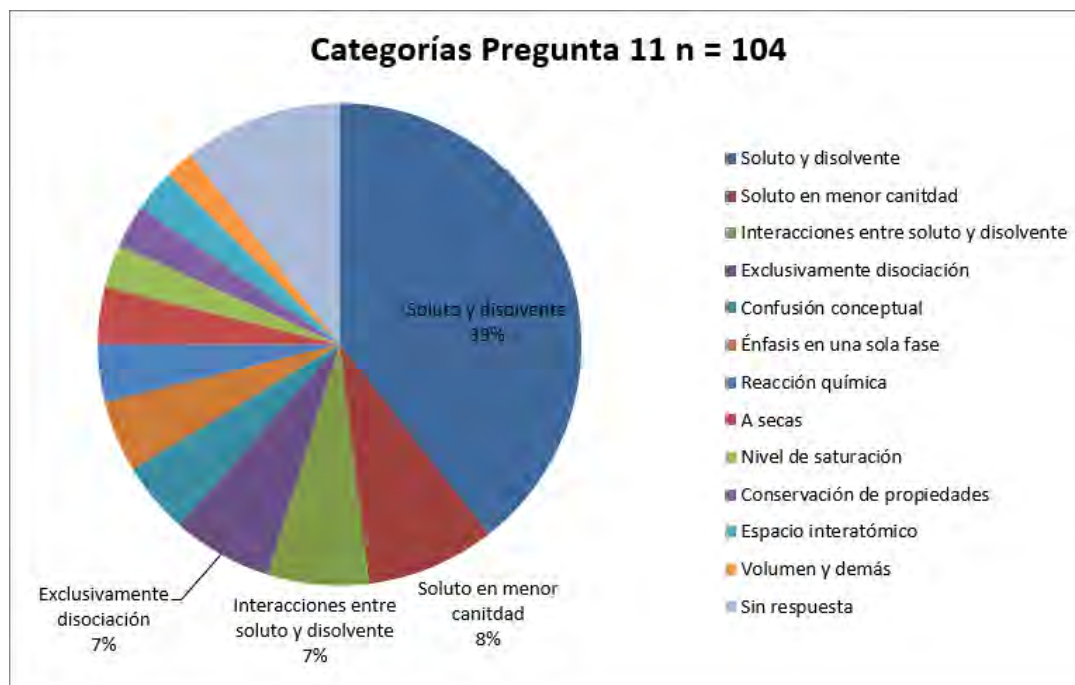
La categoría *cambio de fase*, contiene mucha variedad de fases y condiciones para los cambios de las mismas.

3)	El soluto disuelto cambia de fase de líquido a estado sólido.
a)	Es cuando las partículas (átomos o moléculas) de un elemento o compuesto que se encuentra en estado gaseoso pasan al estado sólido.
b)	Punto en el cual la materia cambia de estado debido a una alteración en su temperatura, este estado siempre será sólido.
c)	Cuando los átomos de un elemento cambian de estado aprovechando su temperatura de fusión.
d)	La condensación de la sal en una disolución sobresaturada.

4)	El proceso altera la estructura de los iones haciéndolas volver a un estado más estable.
a)	Un proceso de reagrupación iónica que ocurre cuando el agua de una disolución se evapora.
b)	Una cristalización se da en la solubilidad, al estar sobresaturada y perturbar el medio.
c)	Es eliminar de una disolución las moléculas del disolvente hasta que el soluto llegue a un estado sólido.
d)	Método físico que consiste en calentar una disolución, para obtener cristales.

Pregunta 11

Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es una disolución?



Gráfica 11. Categorías de las CA en la pregunta 11.

Esta última pregunta del cuestionario abierto intenta sondear desde otro ángulo las concepciones generales de los alumnos, proporcionando resultados muy distintos a los de la pregunta 1 por ejemplo. Esto es indicativo que los estudiantes relacionan las palabras 'solubilidad' y 'disolución' con cosas diferentes.

Soluto y disolvente

La última primera categoría es *soluto y disolvente* que se espera sea interpretable sin lugar a dudas de inmediato. En esta categoría, como muestra el ejemplo siguiente, los alumnos describen una disolución sencillamente con los componentes de la misma. Aunque se buscaba que las respuestas de los alumnos fuesen un tanto más extensas, se considerará como la opción correcta para la última pregunta del cuestionario de doble escalón.

Una disolución es una mezcla homogénea que está compuesta por un *soluto y un disolvente*.

Respuesta de estudiante.

Soluto en menor cantidad

La CA más numerosa es la segunda categoría, soluto en *menor cantidad*. Que como se puede observar en la respuesta del ejemplo que viene, se apela a que el soluto debe existir en *menor proporción* que el disolvente para que exista una disolución. Con la implicación tácita que de otra manera no puede existir una disolución.

Mezcla homogénea donde hay soluto (*menos cantidad*) disolvente (mayor cantidad, por lo general es líquido).

Respuesta de estudiante.

Interacciones entre soluto y disolvente

Esta categoría, es un tanto ambigua, en el sentido que las respuestas que la conforman son ambiguas. Las *interacciones* de las que hablan los estudiantes, como el siguiente ejemplo, no están explicadas o no son del todo claras para el lector. Entonces, a pesar que es una explicación más amplia para lo que es una disolución, queda mucho más incompleta la respuesta que la categoría soluto y disolvente, pues en general no se aclara de qué van las interacciones mencionadas.

Es una mezcla homogénea entre un soluto miscible en un disolvente. El soluto y el disolvente deben presentar *interacciones intermoleculares* para disolverse.

Respuesta de estudiante.

Exclusivamente disociación

Finalmente se presenta la categoría *exclusivamente disociación*. La explicación que se proporciona para el fenómeno de la formación de una disolución, es la disociación iónica. La respuesta mostrada a continuación ilustra el punto que quiere cubrirse con esta categoría.

Una mezcla homogénea en la que los *átomos o iones* del soluto se encuentran totalmente *dispersos* entre las moléculas del disolvente.

Respuesta de estudiante.

Pregunta de doble escalón

9.- Elige la opción que mejor explique qué es una disolución.

Se propone como respuesta correcta del primer escalón a la primera opción. A su vez se propone la justificación correcta como la tercera opción, marcadas como siempre para su fácil identificación.

1) Respuesta correcta	Una disolución es una mezcla homogénea compuesta por un soluto y un disolvente.
a)	Es una mezcla homogénea donde uno o más solutos se mezclan en un disolvente.
b)	Mezcla homogénea de dos o más sustancias.
c) Justificación correcta	Es una mezcla homogénea donde el soluto y el solvente no cambian propiedades y no se genera ningún producto.
d)	Mezcla homogénea de 2 o más elementos.

Se hacen sólo tres propuestas para el segundo escalón de la categoría *soluto en menor cantidad* dado el pequeño tamaño de la misma.

2)	Mezcla homogénea que consiste en un soluto en menor cantidad que el disolvente.
a)	Mezcla homogénea de 2 o más sustancias en la cual la que está en mayor proporción es el disolvente y en menor el soluto.
b)	Es una mezcla homogénea con una sola fase compuesta por soluto y disolvente, donde el soluto (generalmente) se encuentra en menor cantidad que el disolvente.
c)	Mezcla homogénea formada por 1 soluto – menor cantidad 1 disolvente – mayor cantidad

Los alumnos parecen enlistar las distintas interacciones inter-especies que conocen para intentar explicar su respuesta.

3)	Sólo un soluto y un disolvente pueden conformar una disolución.
a)	Los elementos que conforma al soluto interactúan con el disolvente debido a diversas interacciones que pueden ser puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals.
b)	Son interacciones homogéneas entre soluto disolvente.
c)	Es una mezcla homogénea de dos o más sustancias donde las moléculas de las sustancias interactúan entre ellas.

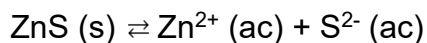
Por último, la categoría disociación necesariamente tiene como opciones para el segundo escalón las respuestas mostradas a continuación. Lo específico de la fuerza ión – dipolo, como exclusiva para las disoluciones es la primera CA. Cualquier disolvente no es capaz de disociar un soluto, dependerá como sabemos del soluto y del disolvente. Finalmente es claro que el soluto y el disolvente

presentarán carácter polar o iónico, pero no se limitan a una u otra para formar una disolución.

4)	Una mezcla homogénea donde el soluto está dissociado en iones en el disolvente.
a)	La mezcla de aniones y cationes y su atracción por fuerza ión – dipolo.
b)	Mezcla homogénea, los H ₂ O (o cualquier disolvente) son capaces de “separar” al soluto.
c)	Es una mezcla de sustancias, particularmente una con moléculas polares y otra u otras iónicas.

Pregunta 12

Considerando que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con los metales alcalinos, escribe cómo interpretas la siguiente ecuación química:



Gráfica 12. Categorías de las CA en la pregunta 12.

Es conveniente destacar nuevamente que, al igual que en la pregunta 5, el 40% de los estudiantes sondeados no responden a la pregunta, indicativo de la poca o nula noción que tienen los alumnos en cuanto a la naturaleza distinta de la solubilidad que tienen las distintas sales.

Reacción química

La primera categoría es también la primera impresión que se esperaría obtuviesen los estudiantes hasta el punto en el que se encuentran en sus estudios, que la ecuación presentada es una *reacción química*.

Se trata de una reacción de descomposición.

Respuesta de estudiante.

Los conocimientos que tienen los estudiantes, específicamente el mostrado anteriormente son los que impulsan el tipo de respuesta presentada. En otras palabras, los alumnos saben que existen diversos tipos de reacciones químicas, y al presentarles una intentan clasificarla lo mejor que pueden dentro de lo que las herramientas cognitivas que poseen les permite.

No se puede

En ocasiones los estudiantes se ven en la necesidad de responder exámenes a los que se les llama ‘capciosos’ o simplemente ‘de truco’, y las respuestas de los estudiantes dentro de la categoría *no se puede* indican que ellos consideran esta pregunta como tal y responden sencillamente que la información presentada es *falsa*.

No la interpretaría pues no es correcta porque el sulfuro de zinc no se disocia, por lo tanto, ese equilibrio no puede existir.

Respuesta de estudiante.

La respuesta anterior es sumamente interesante en varios sentidos. Antes que nada, se nota la seguridad con la que responde que no puede ser engañado y que la misma pregunta es incorrecta. Luego proporciona una explicación sencilla dentro de las herramientas que posee, diciendo que es imposible que se disocie el sulfuro de zinc. Para terminar, afirma que el equilibrio presentado no puede existir, muy a pesar de conocer el concepto, está claro que no lo comprende pues la ecuación presentada es precisamente un equilibrio.

Disociación

En esta categoría, los estudiantes apelan a una explicación que conocen y que les ha dado buenos resultados en el pasado, sin embargo, es una respuesta incompleta, pues el grado de *disociación* es sumamente pequeño.

El ZnS tiene la capacidad de *disociarse* en agua, el cual libera cationes y también iones, los cuales están *disueltos* en el disolvente.

Respuesta de estudiante.

Pareciera, además, como lo vemos en la respuesta anterior, que las respuestas son una descripción de la ecuación química presentada, pues el orden de los elementos de la respuesta y el de la ecuación son idénticos. Primero el ZnS, luego un proceso representado por la flecha doble y que los alumnos describen como *disociación*, y finalmente iones en estado acuoso.

Proceso reversible

La última categoría para esta pregunta, aunque consta con tan solo el 8% de las respuestas, será considerada como la respuesta correcta, pues es consideración del autor de este trabajo que es la mejor manera que tiene los estudiantes para responder a la pregunta con las herramientas que tienen hasta el momento. Los estudiantes conocen a esta altura de su educación de procesos químicos y que estos pueden o no ser *reversibles*, como se muestra a continuación.

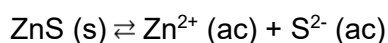
Podría ser una reacción de precipitado y síntesis, viéndola de derecha a izquierda o una descomposición, es una *reacción reversible*.

Respuesta de estudiante.

Es así mismo la respuesta más cercana a la respuesta correcta que sería en este caso declarar que es un equilibrio químico.

Pregunta de doble escalón

10.- Elige la opción que mejor explique la siguiente ecuación química, tomando en cuenta que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con metales alcalinos.



El segundo escalón de la primera opción, *reacción química*, sencillamente se construye con los diferentes tipos de reacción que proporcionan las respuestas de los estudiantes, como se ve a continuación. Descomposición, síntesis, redox y sustitución simple son los tipos de reacción química más comunes dentro de las respuestas de los estudiantes.

1)	Es una reacción química.
a)	Que es una reacción de descomposición y que de ese sulfuro se puede descomponer en cada átomo.
b)	Es una ecuación de síntesis.
c)	Una reacción redox.
d)	Reacción de descomposición (como se puso) pero en realidad es de sustitución simple.

Para la segunda categoría, *no se puede*, se enlistan algunas de las razones que dan los estudiantes en sus respuestas con el fin de crear el segundo escalón de la misma.

2)	El proceso anterior no se puede llevar a cabo.
a)	El ZnS no es soluble en agua porque lo forma un metal de transición y un no metal que no cumplen las características cuando una sustancia es soluble.
b)	La ecuación está mal debido a que el ZnS no es soluble en agua (H ₂ O), por lo tanto, no se separa en iones.
c)	La sustancia por sí sola si es soluble ya sea el Zn o el S, sin embargo, una vez hecho el compuesto ya no es soluble.
d)	Debido a que el sulfuro de zinc no se puede disociar en medio acuoso.

Las siguientes dos categorías representativas son poco numerosas y por lo mismo se presentan sólo tres opciones para el segundo escalón en cada caso, sin dejar de ser representativas por su puesto.

3)	El ZnS se está disociando en cationes y aniones.
a)	Cuando se disuelve ZnS en agua se rompen los enlaces de forma temporal y los iones quedan “libres”.
b)	El sulfuro de cinc (ZnS) sólido se descompone en iones Zn^{2+} y iones sulfuro (S^{2-}), o sea se forma una disolución de ZnS (s) con agua.
c)	La descomposición del sulfuro de zinc en sus dos iones, pero no completamente.

La categoría final para esta pregunta, *reacción reversible*, será considerada como la respuesta correcta.

4) Respuesta correcta	Es una ecuación química que describe un proceso reversible.
a)	El sulfuro de zinc sólido al añadirse en agua se disocia obteniendo zinc y azufre acuoso o viceversa.
b)	Podría ser una reacción de precipitado y síntesis, viéndola de derecha a izquierda o una descomposición, es una reacción reversible.
c) Justificación correcta	Que a partir de ZnS (s) en agua, se producen iones Zn^{2+} y S^{2-} , pero que a partir de estos iones se puede formar sulfuro de zinc.

Análisis de Resultados

El sondeo de las CA mostró inicialmente, concordando con la primera parte del marco teórico (historia (p. 6), concepciones alternativas (CA) (p. 10)), que el aprendizaje de los alumnos, por lo menos sobre solubilidad, está fragmentado. Como se ve en la pregunta 1 (p. 36), el 51% de los estudiantes sondeados se limita a responder que la solubilidad es la capacidad máxima de disolución de un soluto dentro de un disolvente, sin embargo, como se ve en la pregunta 3 (p. 44), el 71% tiene conocimientos de interacciones inter-especies o polaridad, pero no consigue relacionar estos conceptos con el de solubilidad. Esto es porque el plan de estudios enseña la ciencia de forma fragmentada.

Posteriormente, al igual que en el marco teórico (concepciones alternativas sobre solubilidad (p. 14)), se hace una categorización de las CA que presenta cada cuestionario en cada pregunta por cada estudiante, haciendo un total de 1248 respuestas diferentes, donde se encuentra una disparidad esperada. Las categorías de las CA sobre solubilidad reportadas en la literatura son distintas de las encontradas en la población sondeada. Esto es porque las edades de las poblaciones son diferentes. Es decir, la mayoría de los alumnos de los cuales reporta la literatura son estudiantes de educación media o media superior, mientras que la población de estudio en este trabajo son todos alumnos de una licenciatura afín a la química. Esto implica que la mayoría de las CA reportadas en la literatura son enfrentadas por los alumnos al recibir una enseñanza científica en la educación media superior o en el primer semestre de la licenciatura, pero no todas. Concretamente, no se encontró que los estudiantes creyeran que los solutos se comportan como una esponja (p. 18) o que sencillamente dejen de existir (p. 24). Pero al ser cuestionados con conceptos que van más allá de sus conocimientos, recurren a CA ya reportadas, como conferirle propiedades tautológicas a la materia para explicar por qué existen diferencias de solubilidad entre distintas sales (p. 55) o estar convencidos de que es necesario aplicar

energía mecánica y/o calorífica para formar una disolución (p. 63). Si este tipo de CA no se corrigen, los alumnos pueden acarrearlas el resto de su vida académica y profesional.

Dos de las preguntas más importantes de este trabajo son la pregunta 5 (p. 55) y la pregunta 12 (p. 85), y en ambos casos 40% de los estudiantes no pudieron responder a la pregunta. Las preguntas se refieren a la solubilidad desde un punto de vista que no se aborda efectivamente en los primeros semestres de la Facultad de Química, la solubilidad desde un punto de vista fenomenológico. Sin embargo, los conocimientos para explicar la solubilidad desde este punto de vista sí son proporcionados en la enseñanza del tronco común, pero los estudiantes son virtualmente incapaces de hacer esas correlaciones. Si los profesores de la Facultad no ayudan a sus alumnos a enfrentar las CA concernientes al tema en el momento adecuado, es seguro que no podrán con la carga conceptual que implica el resto de sus carreras, resultando en profesionistas e investigadores con lagunas mentales o incluso ideas incorrectas en temas básicos de la química en disolución. El producto de este trabajo permite diagnosticar dichas CA.

Conclusiones

Se diseñó y construyó una herramienta de evaluación diagnóstica para la detección y análisis de concepciones alternativas (CA) sobre solubilidad para alumnos de licenciatura. Dicha herramienta es un cuestionario de opción múltiple de doble escalón construido con las CA más representativas sobre solubilidad que presentaron 104 alumnos de dos grupos de Química General II de la Facultad de Química del semestre 2017-2, sondeadas mediante otro cuestionario, siendo éste uno abierto.

A lo largo del proyecto se presentaron varias dificultades, la primera siendo la poca información disponible en la literatura sobre el tema. Sin embargo, esto permitió delimitar con mucha precisión las tareas que habrían de abarcarse. Inicialmente se realizó una amplia investigación y categorización de las CA sobre solubilidad que existían para poder usar ese fundamento de conocimientos bien organizados y hacer una primera aproximación al producto final, un cuestionario abierto. Este cuestionario abierto permitiría a su vez sondear las CA en una población y sobre un tema nunca antes estudiado previamente a nivel licenciatura, no sin presentar sus propios obstáculos.

La investigación educativa, así como la pedagogía en general, requiere de ciertas interpretaciones que se procura minimizar, este trabajo no es excepción y se puede observar en las categorizaciones de las respuestas de los alumnos al cuestionario abierto. Al comparar ambos juegos de categorizaciones, el de la literatura y el del sondeo de estudiantes, es imposible no notar la interpretación personal del autor ante dicha información. A este efecto, se eligió una población numerosa de estudiantes para utilizar solamente las respuestas más representativas a cada pregunta, permitiendo así construir el cuestionario de doble escalón con las propias palabras de los estudiantes.

Desafortunadamente, no hubo oportunidad de aplicar el cuestionario de doble escalón, pero el trabajo para diseñarlo ya está hecho. Mirando hacia el futuro, la primera acción a tomar sería aplicar el cuestionario a una población del primer o segundo semestre de la Facultad de Química, y analizar los resultados que arroje el nuevo sondeo. El cambio conceptual es un tema muy vasto por sí solo en la investigación educativa, por lo que no se aborda en éste trabajo, pero la aplicación del producto de esta tesis es sin duda el primer paso para un proyecto ambicioso de la enseñanza científica para el cambio conceptual sobre solubilidad en estudiantes de licenciatura. Un proyecto de ese tipo bien podría ser el antecedente necesario para rediseñar las unidades didácticas que hoy conforman el plan de estudios de la Facultad de Química.

Para terminar, parafraseando a Sanmartí (2002, p. 312), “Una evaluación diagnóstica no tiene sentido si no se regulan las actividades de enseñanza y aprendizaje en función de ella, pero llevar a cabo esa adecuación no es fácil. Cambiar la lógica del profesorado para adecuarlo a las diversas lógicas de los estudiantes es uno de los retos más difíciles que plantea la profesión del enseñante.”, pero no todo está perdido. Se espera que la herramienta de evaluación diagnóstica diseñada en este trabajo le permita al profesor, que decida utilizarla: modificar su cátedra, identificar la diversidad de puntos de vista de sus alumnos, formar equipos de trabajo en clase con grupos de alumnos homogéneos o heterogéneos para promover la comunicación y el seguimiento de casos individuales. Todo con el fin de mejorar la enseñanza de la química, y así, su aprendizaje.

Referencias

- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Ayas, A., Özmen, H., & Çalik, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at a secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(1), 165-184.
- Bayrak, B. K. (2013). Using two-tier test to identify primary students' conceptual understanding and alternative conceptions in acid base. *Mevlana International Journal of Education*, 3(2), 19-26.
- Blanco, A., & Prieto, T. (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 of Science Education*, 19(3), 303-315.
- Brock, W. H. (1992). *Historia de la química*. (1ª ed.). Madrid, España: Alianza Editorial.
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40(3), 313-337.
- Çalik, M. (2005). A cross-age study of different perspectives in solution chemistry from junior to senior high school. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 671-696.
- Çalik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638-667.
- Çalik, M., Ayas, A., Coll, R. K., Ünal, S., & Coştu, B. (2006). Investigating the effectiveness of a constructivist-based teaching model on student understanding of the dissolution of gases in liquids. *Journal of Science Education and Technology*, 16(3), 257-270.

- Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2007). Enhancing pre-service elementary teachers' conceptual understanding of solution chemistry with a conceptual change text. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(1), 1-28.
- Çalik, M., Ayas, A., & Ebenezer, J. V. (2009). Analogical reasoning for understanding solution rates: students' conceptual change and chemical explanations. *Research in Science & Technological Education*, 27(3), 283-308.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388-402.
- Chang, H. (2011). How historical experiments can improve scientific knowledge and science education: the cases of boiling water and electrochemistry. *Science and Education*, 20(1), 317-341.
- Driver, R. (1985). Cognitive psychology and pupils' frameworks in mechanics, en Lijnse (ed.), *The Many Faces of Teaching and Learning Mechanics*. Utrecht: GIREP/SVO/UNESCO.
- Ebenezer, J. V. (2001). A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: animation of the solution process of table salt. *Journal of Science Education and Technology*, 10(1), 73-92.
- Ebenezer, J. V., & Gaskel, P. J. (1995). Relational conceptual change in solution chemistry. *Science Education*, 79(1), 1-17.
- Ebenezer, J. V., & Erickson, G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: a phenomenography. *Science Education*, 80(2), 181-201.
- Fellows, N. (1994). A window into thinking: using student writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 985-1001.

- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
- IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. ISBN 0-9678550-9-8. <https://doi.org/10.1351/goldbook>. Last update: 2014-02-24; version: 2.3.3.e
- 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.
- Jones, H. C. (1899). *The Modern Theory of Solution*. (1^a ed.). New York, USA: Harper & Brothers.
- Kokkotas, P., & Vlachos, I. (1998). Teaching the topic of the particulate nature of matter in prospective teachers' training courses. *International Journal of Science Education*, 20(3), 291-303.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.
- Longden, K., Black, P., & Solomon, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Science Education*, 13(1), 59-68.
- Partington, J. R. (1964). *A history of chemistry (vol. 4)*. (1^a ed.). London, UK: The Macmillan Press LTD.
- Peterson, R., Treagust, D., & Garnett, P. (1986). Identification of secondary students' misconceptions of covalent bonding and structure concepts using a diagnostic instrument. *Research in Science Education*, 16(1), 40-48.
- Pinarbasi, T., & Canpolat, N. (2003). Students' understanding of solution chemistry concepts. *Journal of Chemical Education*, 80(11), 1328-1332.

- Pinarbasi, T., Canpolat, N., Bayrakçeken, S., & Geban, Ö. (2006). An investigation of effectiveness of conceptual change text-oriented instruction on students' understanding of solution concepts. *Research in Science Education*, 36(1), 313-335.
- Pintó, R., Aliberas, J., & Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232.
- Prieto, T., Blanco, A., & Rodríguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11(4), 451-463.
- Sanmartí, N. (2002). 11 Las actividades de evaluación. En *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria* (pp. 295-328). Madrid, España: Síntesis Educación.
- Schmidt, H. J., Kaufmann, B., & Treagust, D. F. (2009). Students' understanding of boiling points and intermolecular forces. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(1), 265-272.
- Selley, N. J. (2000). Students' spontaneous use of a particulate model for dissolution. *Research in Science Education*, 30(4), 389-402.
- Slone, M., & Bokhurst, F. D. (1992). Children's understanding of sugar water solutions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 221-235.
- Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
- Taber, K. S. "Probing understanding." Post-graduate certificate in education. Faculty of Education, University of Cambridge. 1999. Lecture.
- Tamir, P. (1971). An alternative approach to the construction of multiple choice test items. *Journal of Biological Education*, 5(6), 305-307.
- Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41(2), 413-423.

- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Tsai, C.-C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(2), 157-165.
- Voska, K. W., & Heikkinen, H. W. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 160-176.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., Novak, J. D. (1994). Chapter 5 Research on alternative conceptions in science. In *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York, USA: Macmillan Publishing Company.
- Yang, C., Noh, T., & Scharmann, L. C. (2014). A study on the elementary school teachers' awareness of students' alternative conceptions about change of states and dissolution. *Asia-Pacific Education Research*, 23(3), 683-698.

ANEXO 1

UNAM, Facultad de Química
Química General II. 2017-2

Nombre _____ Edad _____

Cuántos semestre llevas en la Facultad _____

Nombre del profesor(a) de QGI _____

Por favor, responde honestamente y lo mejor que puedas a las preguntas siguientes, si te sientes inseguro puedes contestar 'No sé.', justifica tus respuestas y, cuando lo consideres necesario, utiliza dibujos para auxiliar tus explicaciones.

1. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la solubilidad?

2. ¿Qué tipo de propiedad es?

3. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.

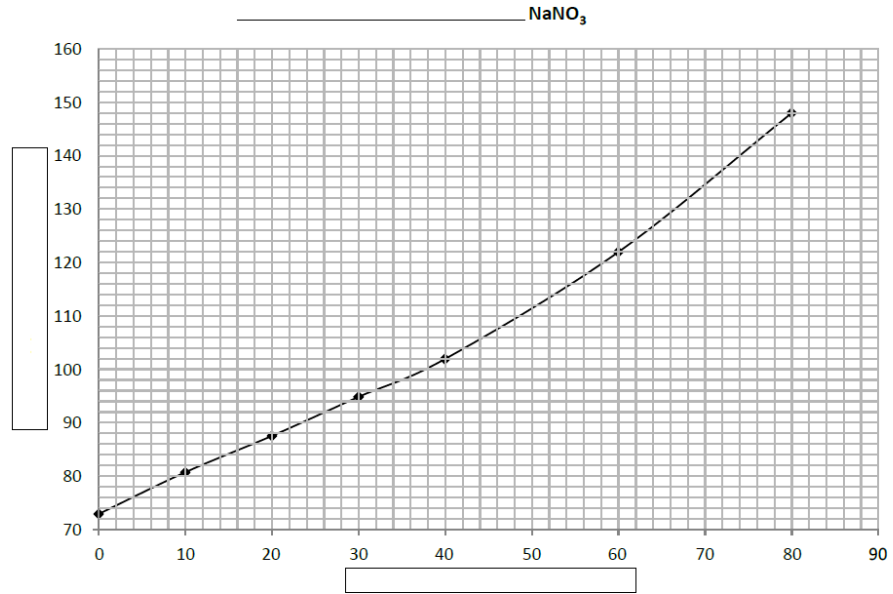
4. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el cloruro de sodio (NaCl) se disuelve en agua.

5. ¿Por qué el cloruro de sodio (NaCl) es soluble en agua, pero el cloruro de plata (AgCl) no lo es?

6. En una práctica de Química General I disolviste y cristalizaste KNO_3 en agua, ¿se podría realizar el mismo procedimiento experimental con azúcar en casa? ¿Por qué?

7. En la misma práctica calentaste a baño maría un tubo de ensayo con agua para disolver KNO_3 , ¿se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema?

8. Completa la gráfica. Describe la relación/proporción de las magnitudes expresadas.

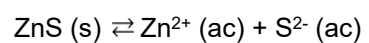


9. ¿La tendencia de la gráfica anterior sería igual para otras sales? ¿Por qué?

10. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la cristalización?

11. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es una disolución?

12. Considerando que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con los metales alcalinos, escribe cómo interpretas la siguiente ecuación química:



Explica tu respuesta.

ANEXO 2

Cuestionario de doble escalón.

*Respuesta correcta

Pregunta 1

Elige la opción que mejor represente lo que tú consideras como solubilidad.

- 1) La cantidad máxima de soluto que se puede disolver en 100 mL de agua a determinada temperatura.
- 2) ***Es la capacidad que tiene un soluto para disolverse en un disolvente.**
- 3) Cuando una sustancia se disocia en cationes y aniones en un disolvente.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) La cantidad máxima de soluto que se puede disolver en 100 mL de agua a determinada temperatura.
 - a) Porque $S = \text{masa [g]} / 100 \text{ mL H}_2\text{O}$.
 - b) Porque a 25°C y 1 atm las moléculas del soluto se unen a las del disolvente.
 - c) Es la cantidad máxima de átomos, moléculas o entidades elementales que pueden ser aceptadas por el disolvente.
 - d) Es la máxima concentración de una sustancia en otra.
- 2) ***Es la capacidad que tiene un soluto para disolverse en un disolvente.**
 - a) ***Por la interacción intermolecular entre partículas.**
 - b) Porque el soluto está en menor cantidad que el disolvente.
 - c) Es una propiedad de la materia.
- 3) Cuando una sustancia se disocia en cationes y aniones en un disolvente.
 - a) El soluto se distribuye homogéneamente en el disolvente gracias a las interacciones intermoleculares.
 - b) Porque en un medio acuoso al agregar un soluto se aumenta la temperatura del sistema, aumentando también la entropía.
 - c) La masa del soluto es menor que su solubilidad en agua.
 - d) Al disociarse en iones estos pueden reaccionar con otra sustancia.

Pregunta 2

¿Qué tipo de propiedad es la solubilidad?

- 1) ***Intensiva.**
- 2) Extensiva.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) ***Intensiva**
 - a) ***No depende de la cantidad de materia.**
 - b) El soluto siempre se disuelve en una cantidad proporcional de disolvente.
 - c) Depende de la estructura de cada sustancia.
 - d) La cantidad de materia no le impide al soluto disociarse en el disolvente
- 2) Extensiva
 - a) Depende de la cantidad de sustancia.
 - b) Depende de la temperatura y de la masa.
 - c) Depende del volumen de la disolución.
 - d) Es una propiedad física.

Pregunta 3

Elige la opción que mejor explique por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.

- 1) ***Existe una interacción dipolo – dipolo entre las moléculas de agua y etanol.**
- 2) Porque entre el agua y el etanol se forman puentes de hidrógeno.
- 3) Ambos compuestos son polares y lo semejante disuelve a lo semejante.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) ***Existe una interacción dipolo – dipolo entre las moléculas de agua y etanol.**
 - a) ***Las cargas parciales del agua interactúan con la carga parcial del grupo - OH del etanol.**
 - b) El oxígeno es mucho más electronegativo que el hidrógeno o el carbono.
 - c) Las dos sustancias son dipolares.
 - d) Porque el agua polariza al etanol.
 - e) Por el tipo de fuerzas intermoleculares que unen a sus átomos.
- 2) Porque entre el agua y el etanol se forman puentes de hidrógeno.
 - a) Porque se crean interacciones fuertes entre los dipolos.
 - b) Porque existen atracciones multidireccionales entre las moléculas.
 - c) Si las moléculas tienen cargas netas se forman puentes de hidrógeno.
 - d) Las cargas parciales y la atracción por proximidad forman los puentes de hidrógeno.
- 3) Ambos compuestos tienen la misma polaridad y lo semejante disuelve a lo semejante.
 - a) Ambos tienen enlaces covalente polares.
 - b) Porque los enlaces polares se enlazan perfectamente.
 - c) Los compuestos polares están parcialmente cargados, atrayéndose por electrostática.
 - d) El agua al ser polar permite la disolución de compuestos no polares.

Pregunta 4

Elige la opción que mejor explique por qué el cloruro de sodio se disuelve en agua.

- 1) Porque el cloruro de sodio se disocia en cationes y aniones.
- 2) ***Existe una interacción ión – dipolo entre las moléculas de agua y los iones de NaCl.**
- 3) Se forman enlaces provisionales entre el cloruro de sodio y el agua.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) Porque el cloruro de sodio se disocia en cationes y aniones.
 - a) Al disociarse, el oxígeno rodea al sodio y el hidrógeno rodea al cloruro.
 - b) El NaCl tiene la capacidad de disociarse gracias a los puentes de hidrógeno.
 - c) Porque el potencial eléctrico la disolución es más fuerte que la energía cristalina.
 - d) La diferencia de electronegatividades produce una fuerza que disocia la sal.
- 2) ***Existe una interacción ión – dipolo entre las moléculas de agua y los iones de NaCl.**
 - a) ***Las cargas parciales del agua interactúan con la sal formando cationes y aniones.**
 - b) Porque las moléculas de cloruro de sodio tienen la misma interacción que las de agua.
 - c) Los cationes y aniones de agua interactúan con los iones de NaCl, respectivamente.
 - d) Primero se rompen los enlaces dipolo – dipolo del NaCl, luego se forman los ión - dipolo entre el NaCl y el agua.
- 3) Se forman enlaces provisionales entre el NaCl y el agua que permiten su disolución.
 - a) La mayoría de las sales son solubles en agua.
 - b) Porque las partículas tienen las mismas fuerzas de interacción.
 - c) Los momentos dipolares permiten que los hidrógenos rodeen al sodio y los oxígenos rodeen al cloruro.

Pregunta 5

Elige la opción que mejor explique por qué el NaCl es soluble en agua, pero el AgCl no lo es.

- 1) Porque las reglas de solubilidad indican que el AgCl es insoluble.
- 2) ***El AgCl presenta un comportamiento 'más covalente' que le impide disolverse.**
- 3) La plata tiene interacciones intermoleculares distintas a las del sodio.
- 4) La plata al ser metal de transición no forma enlaces con el agua.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) Porque las reglas de solubilidad indican que el AgCl es insoluble.
 - a) Porque el AgCl reacciona al contacto con el agua formando HCl y Ag₂O.
 - b) El sodio es más electronegativo que la plata y puede formar puentes de hidrógeno.
 - c) Porque el sodio es alcalino y la plata no.
- 2) ***El AgCl presenta un comportamiento 'más covalente' que le impide disolverse.**
 - a) ***La diferencia entre las cargas netas de los iones no es tan grande como entre el NaCl.**
 - b) Porque el NaCl es polar y el AgCl es iónico.
 - c) El NaCl forma puentes de hidrógeno al disolverse y el AgCl no.
 - d) Porque las sales alcalinas son más solubles que las de transición.
- 3) La plata tiene interacciones intermoleculares distintas a las del sodio.
 - a) Las interacciones intermoleculares son más significativas en el cloruro de sodio.
 - b) La plata no tiene interacciones intermoleculares.
 - c) El NaCl tiene las mismas fuerzas de interacción intermolecular que el agua.
 - d) Porque el AgCl tiene bajas interacciones intermoleculares
- 4) La plata al ser metal de transición no forma enlaces con el agua.
 - a) Se requiere de un enlace iónico para la disolución.
 - b) Porque el AgCl tiene una polaridad distinta a la del agua.
 - c) El AgCl no tiene una carga como el NaCl para que se pueda disolver.
 - d) La plata es un metal de transición que no puede formar enlaces con el agua.

Pregunta 6

Elige la opción que mejor explique si se puede o no disolver un soluto sin agitar ni aumentar la temperatura del sistema.

- 1) No se requiere de ninguna, pero dependerá del soluto y del disolvente.
- 2) Ambas son necesarias, hay que incentivar al sistema para que se disuelvan.
- 3) *Ninguna es necesaria.**
- 4) La naturaleza del soluto y del disolvente determinarán cuál es necesaria.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) No se requiere de ninguna, pero dependerá del soluto y del disolvente.
 - a) Sin agitación ni temperatura el soluto tardaría mucho en disolverse.
 - b) Sólo con una disolución insaturada.
 - c) El tipo de disolvente determinará si se debe calentar o agitar el sistema.
 - d) Se debe tomar en consideración la superficie de contacto del soluto.
- 2) Ambas son necesarias, hay que incentivar al sistema para que se disuelvan.
 - a) Se necesita de una transferencia energética para romper los enlaces del soluto.
 - b) Algún factor debe estar presente para romper enlaces y crear nuevos.
 - c) Las interacciones intermoleculares deben realizarse de manera homogénea.
 - d) Si no se agitara ni se aumentará la temperatura, el soluto precipitaría de nuevo.
- 3) *Ninguna es necesaria.**
 - a) Porque es una reacción exotérmica.
 - b) El aumento de temperatura y la agitación solo aumentan la solubilidad.
 - c) La polaridad del soluto y el disolvente es suficiente para que se disuelvan.
 - d) *La agitación y el aumento de temperatura solo facilitan la disolución.**
- 4) La naturaleza del soluto y del disolvente determinarán cuál es necesaria.
 - a) Si el soluto es poco soluble es necesario aumentar la temperatura del sistema.
 - b) Si se busca una disolución saturada, es necesario agitarla.
 - c) Al agitar o aumentar la temperatura se aumenta la energía cinética, permitiendo la disolución del sistema.

Pregunta 7

Elige la opción que mejor explique si distintas sales tendrían distintas solubilidades o no.

- 1) Sí, cada sal se comporta distinto ante el cambio de temperatura del sistema.
- 2) *Sí, cada sal es diferente y por lo tanto tienen diferentes propiedades.**
- 3) No, la solubilidad cambia con la temperatura independientemente de la disolución.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) Sí, cada sal se comporta distinto ante el cambio de temperatura del sistema.
 - a) Existen sales que incluso disminuyen su solubilidad con el aumento de la temperatura.
 - b) La temperatura afecta proporcionalmente a la densidad de la concentración.
 - c) Hay un límite de sobresaturación que varía con la temperatura.
 - d) La temperatura afecta el tiempo que tarde en cristalizar la sal en disolución.
- 2) *Sí, cada sal es diferente y por lo tanto tienen diferentes propiedades.**
 - a) Depende de la polaridad y las temperaturas de fusión y ebullición de cada sal.
 - b) Algunas sales se disuelven más rápidamente que otras.
 - c) *Cada sal tiene un comportamiento diferente, así como cada disolvente.**
 - d) Hay sales cuya curva de solubilidad tiene pendiente negativa.
- 3) No, la solubilidad cambia con la temperatura independientemente de la disolución.
 - a) La temperatura afecta a la solubilidad de todos los elementos de la tabla periódica.
 - b) La solubilidad es afectada por la temperatura independientemente de la sal.
 - c) El aumento de temperatura aumenta la solubilidad de todas las sustancias.

Pregunta 8

Elige la opción que mejor explique qué es la cristalización.

- 1) ***Es un método de separación de mezclas.**
- 2) Es el acomodo de átomos en una red cristalina.
- 3) El soluto disuelto cambia de fase de líquido a estado sólido.
- 4) El proceso altera la estructura de los iones haciéndolas volver a un estado más estable.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) ***Es un método de separación de mezclas.**
 - a) Se obtienen compuestos puros de una disolución saturada.
 - b) Se debe eliminar el disolvente necesariamente mediante ebullición o sublimación.
 - c) ***Se lleva al sistema a un estado que favorezca la aparición de núcleos de precipitación.**
 - d) La polaridad y solubilidad de los componentes de la disolución definirán cristalización.
- 2) Es el acomodo de átomos en una red cristalina.
 - a) La disolución debe estar sobresaturada.
 - b) Se aumenta la energía reticular de los iones de carga opuesta.
 - c) Es la capacidad de ciertos compuestos de formar redes moleculares.
 - d) Es la acumulación de una o varias sales en un patrón geométrico definido.
- 3) El soluto disuelto cambia de fase de líquido a estado sólido.
 - a) Las partículas cambian de estado gaseoso a estado sólido.
 - b) Al cambiar la temperatura el soluto cambia de fase a estado sólido.
 - c) Los átomos en estado líquido cambian a átomos sólidos.
 - d) La sal en una disolución sobresaturada se condensa en un sólido.
- 4) El proceso altera la estructura de los iones haciéndolas volver a un estado más estable.
 - a) Al evaporarse el agua de la disolución se lleva a cabo una reagrupación iónica.
 - b) Al perturbar una disolución sobresaturada ésta precipitará todo el soluto.
 - c) Se deben eliminar todas las moléculas del disolvente de una manera viable.
 - d) Al calentar una disolución se obtienen cristales.

Pregunta 9

Elige la opción que mejor explique qué es una disolución.

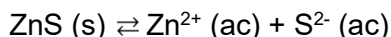
- 1) ***Una disolución es una mezcla homogénea compuesta por un soluto y un disolvente.**
- 2) Mezcla homogénea que consiste en un soluto en menor cantidad que el disolvente.
- 3) Es un sistema en donde el soluto interactúa a nivel sub-microscópico con el disolvente.
- 4) Una mezcla homogénea donde el soluto está dissociado en iones en el disolvente.

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) ***Una disolución es una mezcla homogénea compuesta por un soluto y un disolvente.**
 - a) Una disolución puede estar compuesta por más de un soluto.
 - b) Sólo sustancias puras pueden conformar una disolución.
 - c) ***El soluto y el disolvente no cambian sus propiedades al disolverse.**
 - d) El soluto y el disolvente deben ser especies químicas elementales.
- 2) Mezcla homogénea que consiste en un soluto en menor cantidad que el disolvente.
 - a) También puede formarse con más de dos sustancias.
 - b) Si la mezcla resultante no es una mezcla homogénea entonces no es una disolución.
 - c) Sólo un soluto y un disolvente pueden conformar una disolución.
- 3) Es un sistema en donde el soluto interactúa a nivel sub-microscópico con el disolvente.
 - a) Dichas interacciones pueden ser puentes de hidrógeno o fuerzas de Van der Waals.
 - b) Interacciones intermoleculares homogéneas son necesarias para la disolución.
 - c) Dos o más sustancias deben interactuar entre sí a nivel sub-microscópico.
- 4) Una mezcla homogénea donde el soluto está dissociado en iones en el disolvente.
 - a) La disociación se lleva a cabo gracias a las fuerzas de interacción tipo ión – dipolo.
 - b) El agua o cualquier disolvente puede dissociar al soluto para formar la disolución.
 - c) El soluto debe ser una sal iónica y el disolvente debe ser un líquido polar.

Pregunta 10

Elige la opción que mejor explique la siguiente ecuación química, tomando en cuenta que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con metales alcalinos.



- 1) Es una reacción química.
- 2) El proceso anterior no se puede llevar a cabo.
- 3) El ZnS se está disociando en cationes y aniones.
- 4) ***Es una ecuación química que describe un proceso reversible.**

Elige la opción que mejor explique tu respuesta.

- 1) Es una reacción química.
 - a) Es una reacción de descomposición.
 - b) Es una reacción de síntesis química.
 - c) Es una reacción de óxido – reducción.
 - d) Es una reacción de sustitución simple.
- 2) El proceso anterior no se puede llevar a cabo.
 - a) El ZnS no es soluble en agua, está formado por un metal de transición y un no metal.
 - b) El ZnS es insoluble porque no se puede separar en iones.
 - c) El Zn y el S sí son solubles, pero una vez hecho el precipitado ZnS, ya no es soluble.
 - d) El medio acuoso no es favorable para la disolución del ZnS.
- 3) El ZnS se está disociando en cationes y aniones.
 - a) Los enlaces del ZnS se rompen temporalmente liberando iones.
 - b) El ZnS sólido forma una disolución con el agua.
 - c) El ZnS se disocia en sus iones respectivos, pero no completamente.
- 4) ***Es una ecuación química que describe un proceso reversible.**
 - a) El ZnS se disocia obteniendo Zn y S acuoso, o viceversa.
 - b) Es una reacción de precipitación y de síntesis, dependiendo del sentido de la reacción.
 - c) ***ZnS (s) produce iones Zn²⁺ (ac) y S²⁻ (ac), y éstos pueden formar ZnS (s).**

ANEXO 3

UNAM, Facultad de Química
Química General II. 2017-2

Nombre Daniel Plascencia de Jesús

Edad 18 años

Cuántos semestre llevas en la Facultad 2

Nombre del profesor(a) de QGI Nieto Calleja Elizabeth

Por favor, responde honestamente y lo mejor que puedas a las preguntas siguientes, si te sientes inseguro puedes contestar 'No sé.', justifica tus respuestas y, cuando lo consideres necesario, utiliza dibujos para auxiliar tus explicaciones.

1. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la solubilidad?

Es la capacidad de las moléculas de un disolvente para actuar con las moléculas de un soluto.

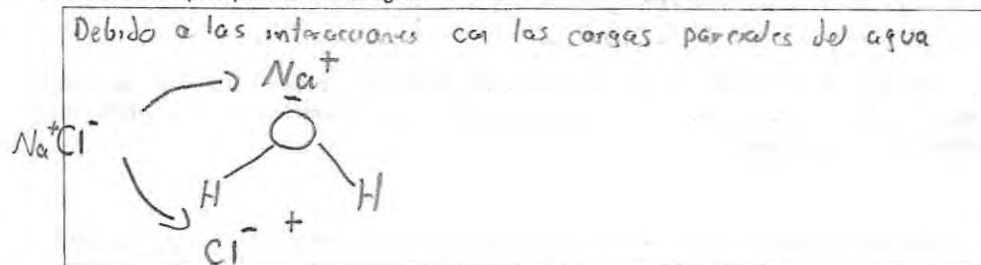
2. ¿Qué tipo de propiedad es?

Intensiva

3. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.

Debido a las interacciones de sus moléculas por momentos dipolos inducidos en el etanol por el agua.

4. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el cloruro de sodio (NaCl) se disuelve en agua.



5. ¿Por qué el cloruro de sodio (NaCl) es soluble en agua pero el cloruro de plata (AgCl) no lo es?

Por que en el cloruro de sodio las interacciones del agua son mas significativas que en el cloruro de plata

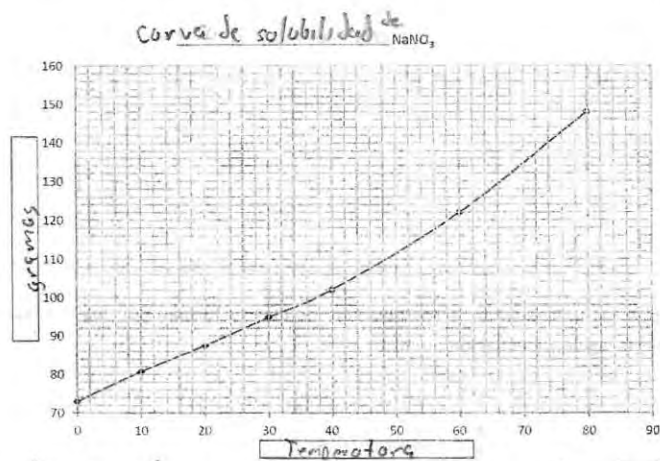
6. En una práctica de Química General I disolviste y cristalizaste KNO_3 en agua, ¿se podría realizar el mismo procedimiento experimental con azúcar en casa? ¿Por qué?

Si, debido a que el azúcar tiene interacciones con el agua permitiendo que se disuelva hasta saturarlo, al evaporar el agua el azúcar recupera con mayor facilidad los enlaces entre ella debido a la poca interacción con el agua por la cantidad presente.

7. En la misma práctica calentaste a baño maría un tubo de ensayo con agua para disolver KNO_3 , ¿se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema?

Si, cuando el sistema llegue a equilibrio.

8. Completa la gráfica. Describe la relación/proporción de las magnitudes expresadas.



Según la temperatura a la que se encuentre el disolvente, aumenta la masa de soluto que puede disolver completamente.

9. ¿La tendencia de la gráfica anterior sería igual para otras sales? ¿Por qué?

No, por que cada sal actua diferente segun la temperatura a la que se disuelve, algunas son mas exponenciales y otras se reduce su solubilidad.

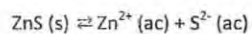
10. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la cristalización?

Es el acomodo de átomos en "redes" o moléculas debido a la interacción de cargas parciales o totales.

11. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es una disolución?

Es la interacción de un soluto con el disolvente, aparentando una mezcla homogénea.

12. Considerando que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con los metales alcalinos, escribe cómo interpretas la siguiente ecuación química:



Inconsistente.

Explica tu respuesta.

Debido a que el sulfuro de zinc no se puede disociar en medio acuoso.

Nombre Bernal Moreno Elsy Yasmin

Edad 18

Cuántos semestre llevas en la Facultad 2

Nombre del profesor(a) de QGI Kira Padilla

Por favor, responde honestamente y lo mejor que puedas a las preguntas siguientes, si te sientes inseguro puedes contestar 'No sé.', justifica tus respuestas y, cuando lo consideres necesario, utiliza dibujos para auxiliar tus explicaciones.

1. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la solubilidad?

Hace referencia a la máxima cantidad de soluto que puede disolverse en un cierto disolvente. La cual llega a depender de la temperatura. Esta solubilidad es gracias a la interacciones intermoleculares de los compuestos.

2. ¿Qué tipo de propiedad es? intensiva

3. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.

Es por la capacidad que tienen para formar puentes de hidrogeno entre estas, la cual hace a ambas polares y por lo tanto se mezclan perfectamente.

4. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el cloruro de sodio (NaCl) se disuelve en agua.

El NaCl es un compuesto o sal iónica, entrecandose covalentemente y teniendo la propiedad de ser soluble en agua, en donde el agua al ser un dipolo tiene una interacción intermolecular ion-dipolo.



5. ¿Por qué el cloruro de sodio (NaCl) es soluble en agua pero el cloruro de plata (AgCl) no lo es?

Por la estructura molecular e interacción que se da entre estos.

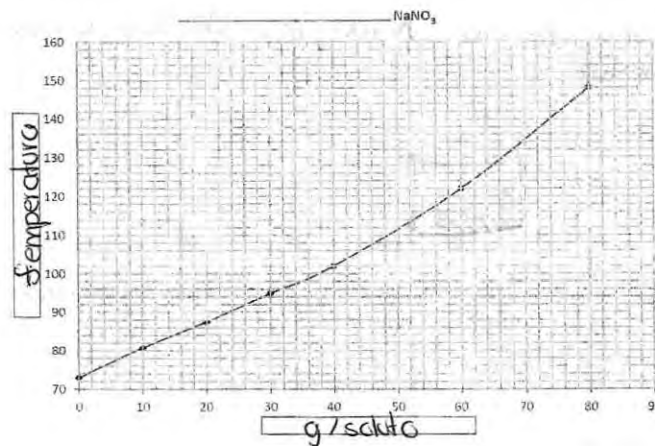
6. En una práctica de Química General I disolviste y cristalizaste KNO_3 en agua, ¿se podría realizar el mismo procedimiento experimental con azúcar en casa? ¿Por qué?

No porque esto se realiza a es mas a fin a sales

7. En la misma práctica calentaste a baño maría un tubo de ensayo con agua para disolver KNO_3 , ¿se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema?

Cuando aumentas la temperatura es para que la solubilidad aumente, ya que esto expande el volumen al romper interacciones o enlaces. Por lo cual no es posible mezclar los componentes sin agitarlos o disolverlos en el medio.

8. Completa la gráfica. Describe la relación/proporción de las magnitudes expresadas.



9. ¿La tendencia de la gráfica anterior sería igual para otras sales? ¿Por qué?

La solubilidad no es la misma para todos los compuestos ya que difieren en su estructura molecular.

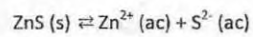
10. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la cristalización?

Es un método de separación en el cual se eleva la temperatura del medio donde está disuelto el soluto y se baja lentamente de modo que cristalice.

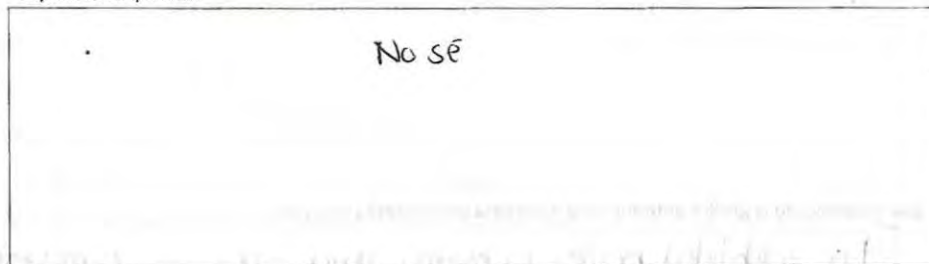
11. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es una disolución?



12. Considerando que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con los metales alcalinos, escribe cómo interpretas la siguiente ecuación química:



Explica tu respuesta.



E

UNAM, Facultad de Química
Química General II. 2017-2

Nombre Acosta Tovar Omar Edad 18
Cuántos semestre llevas en la Facultad 2
Nombre del profesor(a) de QGI Plinio SoSa

Por favor, responde honestamente y lo mejor que puedas a las preguntas siguientes, si te sientes inseguro puedes contestar 'No sé.', justifica tus respuestas y, cuando lo consideres necesario, utiliza dibujos para auxiliar tus explicaciones.

1. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la solubilidad?

Son interacciones intermoleculares en las que un soluto se dispersa en el disolvente.

2. ¿Qué tipo de propiedad es? *Intensiva*

3. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el etanol y el agua se mezclan perfectamente.

Porque las partes polares del etanol (OH^-) interactúan con el dipolo del agua y al no ser muy grande la parte no polar del etanol se ve arrastrada por dicha interacción.

4. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica por qué el cloruro de sodio (NaCl) se disuelve en agua.

Porque las partes polares del agua interactúan con los iones de la molécula de cloruro de sodio.

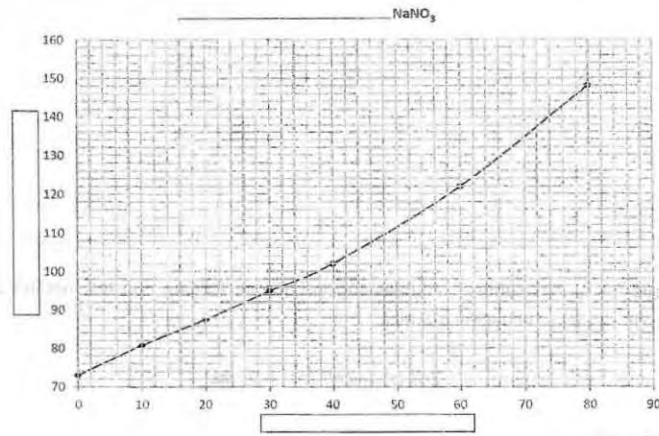
5. ¿Por qué el cloruro de sodio (NaCl) es soluble en agua pero el cloruro de plata (AgCl) no lo es?

6. En una práctica de Química General I disolviste y cristalizaste KNO_3 en agua, ¿se podría realizar el mismo procedimiento experimental con azúcar en casa? ¿Por qué?

7. En la misma práctica calentaste a baño maría un tubo de ensayo con agua para disolver KNO_3 , ¿se puede disolver un soluto sin calentar ni agitar el sistema?

Depende del disolvente pero mientras sea un líquido los choques y la energía cinética molecular del disolvente llegarán a disolver pero el proceso es mucho más lento.

8. Completa la gráfica. Describe la relación/proporción de las magnitudes expresadas.



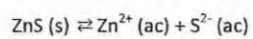
9. ¿La tendencia de la gráfica anterior sería igual para otras sales? ¿Por qué?

10. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es la cristalización?

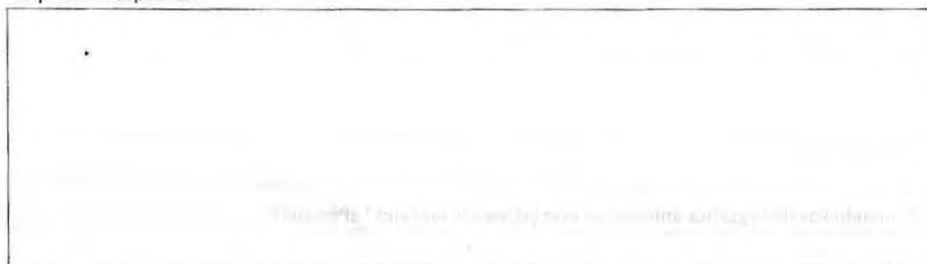
11. Tomando en cuenta que la materia está compuesta por partículas (átomos y moléculas), explica, ¿qué es una disolución?



12. Considerando que los únicos sulfuros solubles son los que se forman con los metales alcalinos, escribe cómo interpretas la siguiente ecuación química:



Explica tu respuesta.



ANEXO 4

Glosario

Solubilidad

La solubilidad de un soluto es la composición analítica de una disolución saturada, expresada en términos de la proporción de un soluto determinado en un disolvente determinado. La solubilidad puede ser expresada como concentración, molalidad, fracción mol, radio molar, etc. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 1397).

Disolución

También contiene: disolvente

Una fase líquida o sólida que contienen más de una sustancia, que por conveniencia una (o más) sustancias, que es llamada disolvente, es tratada de manera distinta a las otras sustancias, llamadas solutos. Cuando, como lo es frecuente pero no necesariamente, la suma de las fracciones mol es pequeña comparada con la unidad, la disolución es llamada una disolución diluida. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 1398).

Soluto

El componente en menor proporción de una disolución que es visto como disuelto por el disolvente. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 1398).

Cristalización

La formación de un sólido cristalino de una disolución, vapor u otra fase sólida, generalmente mediante la disminución de la temperatura o evaporación del disolvente. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 356).

Disolución saturada

Una disolución que tiene la misma concentración de un soluto que la de uno que esté en equilibrio con soluto sin disolver a valores específicos de temperatura y presión. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 1333).

Sobresaturación

Un sistema inestable que tiene una mayor concentración del soluto en disolución que el que existiría al equilibrio de una disolución sobresaturada del mismo material. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 1489).

Disociación

1.- La separación de una entidad molecular a dos o más entidades moleculares (o cualquier separación dentro de una entidad poliatómica). Por ejemplo, homólisis y heterólisis unimolecular y la separación de los constituyentes de un **par iónico a iones libres**.

2.- La separación de los constituyentes de cualquier agregado de entidades moleculares.
(IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 434).

Absorción

Proceso en el cual un material es retenido por otro; esto puede ser la disolución física de un gas, líquido o sólido en un líquido, adhesión de moléculas de un gas, vapor, líquido, o sustancia disuelta a una superficie sólida mediante fuerzas físicas, etc. (IUPAC, 'Gold Book', 2014, p. 12).