



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Maestría en Docencia para la Educación Media Superior

**EXPLICACIÓN DE UN EXPERIMENTO SOBRE EL EQUILIBRIO QUÍMICO
DE ALUMNOS DE BACHILLERATO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR, QUÍMICA**

P R E S E N T A

CARLOS CATANA RAMÍREZ

TUTOR

KIRA PADILLA MARTÍNEZ

FACULTAD DE QUÍMICA

México D.F.

DICIEMBRE 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A Dios

Por haberme permitido concluir una etapa más de mi vida, por estar conmigo en todo momento, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante este periodo de estudios.

A mi Padre

Por todo su apoyo y comprensión, por su confianza y valiosos consejos, por su motivación constante que me han permitido ser una persona de bien y no declinar en situaciones adversas, pero sobre todo por su amor y cariño.

A mi Madre

Por su vitalidad, esfuerzo y entrega en todas las cosas realizadas, por darme y ser un ejemplo de vida, por todo su apoyo, amor y cariño que me han permitido fortalecer mi persona y poder alcanzar todas mis metas.

A mis hermanas Diana y Juana

Por estar conmigo en todo momento, por sus consejos y apoyo que han sido fundamentales en toda mi vida. Por el amor y cariño recibido para superar los obstáculos que en el camino se presentaron y lograr superarlos con éxito.

A mis amigas y amigos

Que han sido tan numerosos, por sus consejos y palabras de aliento. Por estar conmigo siempre y permitirme compartir con ustedes experiencias inolvidables.

A la Dra. Kira Padilla Martínez

Quien acepto dirigir el presenta trabajo, por sus enseñanzas, comentarios y apoyo recibidos que me permitieron concluir satisfactoriamente este proyecto.

A la Dra. Alejandra García Franco

Por formar parte de este trabajo de investigación, por sus consejos para la mejora del mismo y contar con su apoyo en todo momento.

A la Universidad Nacional Autónoma de Mexico, la Facultad de Química y la Escuela Nacional Preparatoria.

ÍNDICE

	Página
Capítulo I. Antecedentes	
1.1 Resumen	7
1.2 Planteamiento del problema	8
1.3 Justificación	9
1.4 Evolución del trabajo de Tesis	10
Capítulo II. Marco Teórico	
2.1 Marco Teórico	16
2.2 Constructivismo	17
2.3 Lo que el alumno sabe	19
2.4 Ideas Previas	20
2.4.1 Características comunes de las ideas previas	22
2.4.2 Ideas Previas en Ciencias	23
2.5 Educación química	25
2.6 Contenidos verbales	26
2.7 Equilibrio Químico	27
2.7.1 Concepto del Equilibrio Químico	29
2.7.2 Aspectos históricos sobre el desarrollo del Concepto del Equilibrio químico	34
2.7.3 Dificultades en la enseñanza del Equilibrio Químico	37
2.7.4 Concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el Equilibrio Químico	42
Capítulo III. Metodología	
3.1 Objetivo general	45
3.1.1 Objetivos particulares	45
3.1.2 Hipótesis	45
3.2 Metodología	46
3.3 Procedimiento	50

Capítulo IV. Resultados y análisis de resultados	
4. Resultados y su análisis	60
4.1 Experimento 1	61
4.2 Experimento 2	68
4.3 Experimento 3	74
4.4 Experimento 4	93
4.5 Experimento 5	111
Capítulo V. Conclusiones	
5. Conclusiones	130
Capítulo VI. Anexos	
Anexo I. Figuras	135
Anexo II. Cartas	148
Anexo III. Cuestionario Entrevista	155
Capítulo VII. Bibliografía	
7. Bibliografía	161

Capítulo I. Antecedentes

Capítulo I. Antecedentes

1.1 Resumen

El presente trabajo fue un proyecto con una duración aproximada de un ciclo escolar anual.

Con base a la postura constructivista en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se planificaron, diseñaron, validaron e implementaron las diferentes actividades contenidas en esta tesis, que sirvieron de sustento y contextualización para dicho proyecto de investigación.

La metodología de investigación fue mediante un estudio de casos, centrado en una población de alumnos de nivel bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria No. 6 “Antonio Caso”, que cursaban el área I (Físico-Matemáticas y de las Ingenierías), por ser la población con la cual se nos permitió trabajar debido a los lineamientos y normas propias de la institución.

La exploración realizada se enfocó en la explicación y conceptualización del equilibrio químico. Así, mediante la ayuda de una entrevista semiestructurada, los participantes efectuaron diversas actividades experimentales, dentro de las cuales se encontraba el estudio de una reacción en equilibrio químico (reacción del cloruro de cobalto). Durante la entrevista, y a partir de las diversas acciones efectuadas, los participantes elaboraron predicciones y explicaron los sucesos o fenómenos observados, a partir de los temas y conceptos abordados en el salón de clases.

De las explicaciones y respuestas obtenidas se elaboraron tablas que muestran las ideas principales de los estudiantes participantes en el proyecto de tesis. También se presentan breves fragmentos de algunas entrevistas, que sirven para ejemplificar y evidenciar las explicaciones obtenidas de los alumnos entrevistados.

Los resultados obtenidos permitieron conocer como los estudiantes de nivel bachillerato, a partir de sus explicaciones, conceptualizan o definen el equilibrio químico.

1.2 Planteamiento del problema

Diversos autores se han interesado en el estudio y desarrollo de la investigación educativa, específicamente en el área de las ciencias, lo cual se ve respaldado en el creciente número de publicaciones con las que se cuentan hoy en día.

Autores como Duit y Treagust (2003); Harrison y De Jong (2005); Izquierdo (2006); Talanquer (2005); Justi (2006), por mencionar sólo algunos, muestran en sus escritos el interés y preocupación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, resaltando la necesidad de un cambio o reestructuración en la forma de enseñar y aprender, no necesariamente ciencias sino de forma general cualquier asignatura impartida en un salón de clases.

Considerando específicamente el ámbito científico, la enseñanza y aprendizaje de la ciencia han ido evolucionando como resultado de una sociedad cada vez más demandante en necesidades y recursos, buscando la interdisciplinariedad de dicha área y que los conocimientos adquiridos, por los alumnos, les sean útiles. Por consiguiente, que los estudiantes cuenten con un conocimiento científico adecuado, acorde a sus necesidades y contextos, es de suma importancia, pues les permitirá encontrar y dar respuesta a muchas de las situaciones ó fenómenos con los que se enfrentan cotidianamente.

El equilibrio químico es un tema que aborda diferentes términos y conceptos, la mayoría de ellos posiblemente nuevos para los estudiantes. En este sentido, conocer las ideas y posibles explicaciones que tienen los alumnos con respecto a un concepto o tema relacionado con las ciencias, en este caso con la Química (Equilibrio Químico), es de interés pues permite vislumbrar cómo van elaborando y construyendo el conocimiento de un determinado tópico científico.

Además ayuda a conocer la comprensión que tienen los alumnos sobre dicho tema e identificar algunos problemas conceptuales y de aplicación, los cuales pueden hacer referencia al tema de investigación o relacionarse con otros, como es el caso de reacción química.

1.3 Justificación

El equilibrio químico es un tema que se encuentra contenido en la mayoría de los planes y programas de estudio de nivel bachillerato. A pesar de ello, varias son las investigaciones que reportan muchas y muy diversas dificultades en la enseñanza y aprendizaje de dicho tópico.

A partir de una investigación bibliográfica (Brown, 2004; Chang, 2010; Brady, 2003; Andrés, Antón, Barrio, 2003) se observó que la mayor parte de la información escrita a la cual tienen acceso los estudiantes de dicho nivel, se encuentra descontextualizada y está centrada en comprender temas como: ley de acción de masas, constante de equilibrio, principio de Le Chatelier y en la resolución de problemas que involucren los temas antes señalados. Por tal motivo, la currícula se enfoca en el desarrollo y comprensión de los conceptos enmarcados con anterioridad, dejando de lado la parte conceptual de lo que es y se comprende del equilibrio químico.

Por otro lado, los pocos referentes macroscópicos y submicroscópicos a los cuales se enfrentan los estudiantes en el ámbito escolarizado o en su vida cotidiana, también son una problemática que dificulta el entendimiento del equilibrio químico.

Considerando las investigaciones realizadas sobre dicho tema, a pesar de ser numerosas y abarcar diferentes aspectos de su enseñanza y aprendizaje, no se encontró en la bibliografía consultada alguna investigación que hiciera referencia a cómo es que los estudiantes definen y entienden lo que es el equilibrio químico.

Por lo anterior, el reportar cómo es que los estudiantes de nivel bachillerato definen y explican lo que es el equilibrio químico, permite proporcionar nuevas evidencias a futuras investigaciones además de explicitar cómo los alumnos emplean y ponen de manifiesto lo aprendido en clase, a partir de diferentes actividades experimentales y considerando un tópico de investigación, como es el equilibrio químico.

Como parte inicial, se muestra la evolución del proyecto de tesis con la finalidad de dar a conocer un poco más sobre las actividades y trabajos realizados en la elaboración del mismo.

1.4 Evolución del trabajo de tesis

Como ya se mencionó, el trabajo de tesis que se presenta es el resultado de un proyecto de investigación realizado en un periodo de tiempo aproximado de un año, contando con la colaboración de estudiantes de bachillerato de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) No. 6. Antonio Caso, específicamente alumnos que cursaban el último año del bachillerato, en el área I Físico Matemáticas y de las Ingenierías.

Durante este período, la planeación, objetivos y actividades del proyecto se reestructuraron y en ocasiones se cambiaron, en correspondencia con los resultados que se iban obteniendo. Así, las preguntas y actividades experimentales presentadas se fueron afinando cada vez más hasta contar con instrumentos y reactivos que favorecieran las respuestas de los participantes a los diferentes cuestionamientos planteados durante el trabajo práctico.

El interés de abordar el equilibrio químico surge por el poco tiempo que se invierte en el tema y porque es fundamental para la mejor comprensión de los equilibrios en disolución acuosa, en general. Así pues, se comenzó con una revisión bibliográfica, lo cual permitió obtener y conocer cuáles son las diferentes situaciones que obstaculizan el proceso de enseñanza-aprendizaje relacionado con este tópico.

Dificultades como la resolución de problemas, la realización de experimentos (Raviolo, 2005) y la falta de entendimiento de los conceptos, así como su correcta aplicación por parte de los profesores (Quílez, 2002) han sido identificados como problemas relevantes en la enseñanza del equilibrio químico. Lo anterior nos permitió contextualizar el problema en estudio y comenzar a definir nuestro marco teórico, el cual será abordado y explicado en la sección correspondiente.

Uno de los principales objetivos del trabajo de tesis era conocer los modelos mentales que tienen los alumnos de bachillerato sobre el tema del equilibrio químico; enfocándose principalmente en la parte conceptual. Así, surge una de las primeras hipótesis del estudio: “Será posible evidenciar los modelos mentales que sobre el equilibrio químico tienen los estudiantes a partir de las ideas expresadas en la comprensión de un experimento relacionado con este tema”.

Así mismo, parte de nuestro interés era saber si “será posible plantear de forma explícita cómo es que los estudiantes interpretan y construyen su conocimiento a partir de lo visto en clase”.

Para conocer los modelos mentales de los alumnos, se planeó realizar una serie de entrevistas que les permitiera poner de manifiesto, de forma verbal, los constructos (modelos expresados) que elaboran cuando son cuestionados sobre diferentes fenómenos relacionados con el equilibrio químico. A esta estrategia se le conoce como pensamiento en voz alta. El tipo de entrevista, así como la metodología seleccionada para realizar este trabajo se explicará, de forma detallada, en el apartado correspondiente.

Los experimentos seleccionados, que fueron realizados por los estudiantes bajo la guía del autor de este trabajo, tuvieron las características de ser sencillos, vistosos y suficientemente incitantes; permitiendo a los alumnos el empleo de los conocimientos construidos en la clase, para explicar y dar respuesta a las diferentes preguntas y cuestionamientos realizados durante la entrevista.

La actividad experimental que se propuso y se presentó a los alumnos, tiene como referente el manual de prácticas del laboratorio de Química IV del área I (físico-matemáticas) de la ENP titulado “La experimentación en Química IV. Área I”. La cual se reestructuró y modificó con la finalidad de permitir y facilitar el conocimiento de los modelos mentales construidos por los alumnos participantes en este proyecto de investigación. Los cambios señalados se presentan con mayor detalle en el apartado de la metodología.

Teniendo como un objetivo principal el conocer los modelos mentales de los estudiantes respecto a lo que es el equilibrio químico, específicamente en la conceptualización y empleo de dicho tópico, es que se diseñó un guión de entrevista, con cuestionamientos completamente diferentes a las preguntas contenidas en el manual. De la misma forma se replantearon y modificaron las actividades propuestas en dicha práctica de la ENP.

Todas las actividades experimentales, así como el guión de entrevista fueron validados antes de ser presentados con los alumnos. Para este propósito se contó con la participación de un alumno de nivel bachillerato, el cual en ese momento se encontraba en “formación” para participar en la Olimpiada Nacional de Química, por lo que el tema de equilibrio químico le era bastante conocido. La entrevista y actividades realizadas, se desarrollaron en uno de los laboratorios de la ENP No. 6, plantel donde el alumno cursaba su bachillerato. Contándose con el Laboratorio LACE de Química para realizar el trabajo experimental.

Se prosiguió a invitar de formar general, mediante un escrito, a alumnos que quisieran participar en el proyecto. Debido a que sólo se tuvo acceso a estudiantes que cursaban el último año de bachillerato, específicamente en el área I, nuestra población de estudio se vio limitada a la participación de estos alumnos. En esta primera etapa del proyecto se contó con la colaboración de 13 estudiantes (4 mujeres y 9 hombres), con los cuales se realizaron dos entrevistas (una antes de ver el tema en estudio y la otra al término del mismo) con una duración aproximada de una hora cada una.

Se platicó con el profesor titular del grupo, con la intención de que planificara una clase (con una duración de 2 horas) para tratar el tema del equilibrio químico, en donde se emplearan las analogías como una estrategia para facilitar el aprendizaje de los alumnos (Raviolo y Garritz, 2007). Se realizó la observación y grabación (audio/video) de las clases impartidas por el profesor sobre dicho tópico, como un elemento adicional que nos podría ayudar posteriormente en el análisis de los datos que se obtuvieran.

El objetivo de realizar una primera entrevista era conocer los posibles modelos mentales que podrían tener los alumnos antes de estudiar el tema, así como los referentes que tenían sobre el equilibrio químico y en un momento determinado comparar, con la segunda entrevista, si el uso de las analogías en clase favorecía el aprendizaje del tema.

De forma general, los resultados que se obtuvieron de la primera entrevista no ayudaron a poner de manifiesto un modelo mental de los alumnos.

En la segunda entrevista, las actividades y guión utilizados fueron los mismos, por lo que los estudiantes repitieron lo que ya habían hecho, encontrándonos con respuestas y explicaciones similares a las obtenidas en la primera entrevista, a pesar de que los alumnos ya habían estudiado el tema en clase.

Al no encontrar diferencias entre la primera y segunda entrevista y notar que los argumentos de los alumnos, sobre lo que hacían y observaban, se centraban en conceptos como el de ácidos y bases y no tener explicaciones relacionadas con el equilibrio químico se optó por modificar algunas de las actividades experimentales, incorporando nuevos reactivos para tratar de que los alumnos contaran con otros elementos en sus explicaciones y no se enfocaran sólo en el tema de ácidos y bases.

Se diseñó una nueva actividad y se cambió el orden en que se hacía el trabajo experimental. Con estos ajustes en la parte metodológica del proyecto se pensó que esto facilitaría conocer los modelos mentales que tienen los alumnos con respecto al equilibrio químico.

Fue así que se invitó a otros alumnos a participar en el proyecto (segunda etapa) y la población continuó teniendo las mismas características de ser alumnos que cursaban el último año de bachillerato, pertenecientes al área I y que ya habían visto el tema del equilibrio químico en clase. En esta ocasión se contó con la participación de 12 estudiantes (5 mujeres y 7 hombres) a los cuales también se les proporcionó la carta invitación y la carta consentimiento que entregaron al momento de realizar la actividad.

Se realizó sólo una entrevista por alumno, con un tiempo aproximado de una hora por entrevista.

Los resultados de las actividades emprendidas con este segundo grupo de trabajo, son los que se reportan en este proyecto de investigación y los que dieron pauta para encaminar el desarrollo del proyecto de tesis hacia las explicaciones que los alumnos de nivel bachillerato tienen cuando son confrontados a un experimento sobre el equilibrio químico.

El estudio de dichas explicaciones estuvo enfocado en abordar los tres conceptos básicos que definen y caracterizan el equilibrio químico: reacción incompleta, reversibilidad y carácter dinámico. Lo cual nos permitió conocer cómo es que los alumnos interpretan y construyen su conocimiento, a partir de lo visto en clase, cuando son confrontados con pequeños experimentos relacionados con el tema.

De esta forma, el análisis de las respuestas obtenidas de los estudiantes, nos ha permitido conocer la comprensión que tienen los alumnos sobre el tema abordado en esta investigación e identificar algunos problemas conceptuales que presentan no sólo con este tópico, sino con otros que le preceden como disoluciones y reacción química.

Capítulo II.

Marco Teórico

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Marco Teórico

Partiendo de las necesidades propias de los estudiantes por aprender y del enorme interés de los profesores por subsanar y enfrentar las diversas dificultades en la enseñanza de diversos temas y conceptos, no necesariamente relacionados con las ciencias, se han buscado nuevas alternativas y estrategias en la educación.

Desde hace algunos años, en el mundo educativo, se habla cada vez con mayor frecuencia del constructivismo como la posición desde la cual se pueden resolver los problemas de que se ocupa la educación (De Posada, 2002). Por ello continuamente aparecen nuevos libros sobre el constructivismo en la escuela, sobre la enseñanza constructivista o sobre sus aplicaciones a las distintas materias del conocimiento (Delval, 2001).

Específicamente en el área de las ciencias, en las últimas dos décadas, el constructivismo ha servido de soporte teórico, para la mayoría de los trabajos realizados en el ámbito de la didáctica de las ciencias (Marín, 2003).

Sin embargo, el constructivismo no es una teoría pedagógica, por lo que su empleo en la educación puede llevar a confusiones respecto a la posición epistemológica que defiende el constructivismo y también sobre la propia actividad educativa (Delval, 2001).

Por lo que al hablar de una postura constructivista, en la educación científica, se debe hacer con cautela pues se corre el riesgo de caer en ambigüedades, propias de un mal entendimiento de lo que es el constructivismo y considerarlo sólo como una metodología que pretende explicar y ayudar a entender, de mejor manera, los procesos de enseñanza-aprendizaje. Y no debe hacerse a un lado, que en el constructivismo existen diversos marcos teóricos comprometidos con él (social, radical, etc.) con apoyos y posiciones diversas

en diferentes planos disciplinares (filosofía, psicología, epistemología de las ciencias, didáctica, etc.) (Marín, 2003).

No es motivo de este trabajo realizar un análisis profundo de la definición o caracterización del constructivismo o de las diferentes posturas constructivistas en las ciencias, pero el presentar un bosquejo de lo que es el constructivismo y las aportaciones que ha tenido en la didáctica de la ciencias nos ha permitido contextualizar y consolidar nuestro trabajo de investigación, así como permitirnos abordar temas como es el de las ideas previas.

2.2 Constructivismo

En su origen el constructivismo es una teoría epistemológica, es decir, que trata sobre los problemas del conocimiento y fue propuesta y desarrollada por el psicólogo suizo Jean Piaget (1896-1980) y sus numerosos seguidores (Delval, 2001). Sin embargo, no es una teoría que haya salido sólo de su trabajo, sino que las raíces del constructivismo se encuentran ya en filósofos del siglo XVIII, como el italiano Vico y también pueden encontrarse en el constructivismo elementos tomados de Kant, Marx o Darwin, entre otros muchos (Delval, 2001).

Una de las aportaciones más relevantes de la posición constructivista es tratar de explicar la formación del conocimiento o el proceso de construcción del mismo situándose en el interior del sujeto, intentando reconstruir lo que sucede en él (Delval, 2001). Es decir, la teoría constructivista trata de explicar cómo se construye o elabora el conocimiento en las personas, ayudándonos a entender qué es lo que sucede en la mente del individuo cuando forma nuevos conocimientos, contemplando que en todos los casos hay una actividad del sujeto que adquiere los nuevos conocimientos apoyándose en sus conocimientos anteriores.

Muchos son los autores (Delval, 2001; Marín, 2003; Duit 2003) y más son las obras que abordan el tema del constructivismo, cada una con una postura y visión que en ocasiones pueden ser totalmente diferentes o compartir ciertas

similitudes; pero en general, cada trabajo ha aportado un “corpus” en el conocimiento y desarrollo de la teoría constructivista.

Es así, que bajo el término de constructivismo podemos encontrarnos con diversos planteamientos, metodologías y visiones que fundamentan esta postura. Lo anterior, como ya se ha mencionado, se debe a que en el constructivismo se ven involucradas diferentes disciplinas (filosofía, psicología, ciencia, por mencionar sólo algunas) que se han apoyado en dicha teoría para sustentar muchos de sus trabajos en sus respectivas áreas, ocasionando que en el constructivismo existan diversas “posiciones” dependiendo del marco teórico o del campo de estudio en donde se involucre (Marín, 2003).

Podemos darnos cuenta, entonces, que la forma en que el ser humano construye su conocimiento o cómo es que las personas aprenden, son interrogantes que durante mucho tiempo han despertado gran interés entre expertos de diversas disciplinas (psicólogos, sociólogos, científicos, filósofos, etc.). Y al tratar de entender y dar una explicación de cómo es que el humano interpreta y da una razón a partir de un conocimiento adquirido, construyendo una “realidad”, ha generado diversas posiciones y teorías, de cómo se forma el conocimiento. Una de estas teorías ha sido el constructivismo.

Volviendo al constructivismo en la educación científica o en la didáctica de la ciencias, debemos considerar que nos enfrentamos a diversas posturas constructivistas y que en ocasiones podemos vernos envueltos en una mezcla de ideas y conceptos que pueden ser coherentes en un marco teórico determinado, pero dicha coherencia puede verse disminuida al posicionarse en un campo o disciplina diferente al de la ciencia. Por lo que al hablar del constructivismo es importante señalar desde qué posición se hace, para evitar posibles desacuerdos o falta de congruencia en lo que se dice, se lee y se escribe.

A partir de lo anterior, nos podemos cuestionar ¿Por qué si una sola realidad es la aceptada (en ciencias), da origen a diversas y numerosas observaciones y explicaciones? Esta pregunta la podemos responder argumentando que la

generación o construcción del conocimiento es un trabajo propio de cada persona, en donde la sociedad cobra un papel muy importante; ya que al ser sujetos sociales nos encontramos en constante interacción con el medio que nos rodea (objetos y personas); lo cual ocasiona que el conocimiento no sólo sea regulado de forma activa por el propio individuo sino también por una comunidad, en este caso una comunidad científica, la cual en menor o mayor grado se encontrará condicionada por las necesidades, intereses y requerimientos que demanda la sociedad en la que vivimos.

Desde la postura constructivista, en la educación y didáctica de la ciencias, nos ocuparemos en retomar y considerar parte de lo que se conoce como constructivismo social, en donde se habla de la importancia de las experiencias previas y de las ideas que tienen los alumnos al incorporar nuevos conocimientos a lo que ya tienen aprendido, pues en dicha postura constructivista los alumnos cuentan con un aprendizaje previo que sirve de base para incorporar un nuevo conocimiento ya sea de forma escolarizada o a partir de sus actividades cotidianas.

De las ideas previas que los alumnos tienen nos interesa conocer cuáles y cómo son las explicaciones (comunicación de forma oral) que proporcionan cuando son confrontados a algún fenómeno o concepto considerando lo aprendido o visto en una clase de ciencias, en este caso en específico en una clase de química.

2.3 Lo que el alumno sabe

Expresiones como “lo único que saben es que no saben nada” o bien “son como hojas en blanco”, son frases que hemos escuchado en alguna ocasión por parte de los profesores cuando hacen referencia a lo que sus alumnos conocen y manejan sobre algún tema o concepto.

Pensar que los estudiantes llegan “en blanco” a las aulas y que los docentes son los encargados de transmitir los “conocimientos disciplinares adecuados”, que todos los alumnos deberían de tener, son ideas que distan de la realidad.

Ya que todas las personas, estudiantes o no, a lo largo de la vida elaboramos diferentes explicaciones y respuestas que nos permiten enfrentarnos al mundo en el que vivimos entendiéndolo y construyendo una realidad; es decir, construyendo nuestro conocimiento.

Es así que, al llegar a la escuela los estudiantes llevan consigo una cantidad inmensa de información sobre diversos temas y conceptos. Los profesores deben ser concientes de ello, pues el conocimiento de estas ideas previas, por parte de sus alumnos, puede ser una herramienta en el proceso de enseñanza útil para facilitar el aprendizaje de nuevos tópicos.

Existe una gran variedad de términos utilizados para hacer referencia a “lo que el alumno sabe” (Williams, 2009; Bello, 2004; Garritz, 2000) en donde encontramos: Ciencia o teorías de los niños, concepciones, concepciones alternativas, concepciones espontáneas, errores conceptuales (misconceptions), esquemas alternativos, esquemas de representación, estructuras, ideas previas, mini teorías, pensamientos, preconceptos, teorías implícitas, teorías en acción, sólo por citar las más comunes.

En este trabajo se acordó el empleo de ideas previas o concepciones alternativas, pues ello permite hacer referencia a las ideas que tienen los alumnos sobre algún tema o concepto en específico relacionado con la ciencia, en este caso con la química, sin encontrarse necesariamente relacionadas o sujetas a un aprendizaje escolarizado.

2.4 Ideas Previas

El estudio sobre las ideas previas ha sido motivo de investigación desde finales de los años sesenta (Garritz, 2000), cobrando gran relevancia en los años setenta (Rodríguez, 2000; Bello, 2004). Desde entonces hasta la actualidad han sido numerosos los trabajos e investigaciones sobre las concepciones alternativas, y se han orientado: a) en torno al estudio de los contenidos (física, química, biología, matemáticas, historia, etcétera), b) en torno a la naturaleza de las mismas (cómo se construyen, para qué sirven, cómo se manifiestan, es

decir, consideraciones que proceden del llamado enfoque del sujeto) y c) en torno al ajuste que presentan con relación a las concepciones científicas (el grado de error que reflejan en relación con el conocimiento científico, adoptando el llamado enfoque de la ciencia). Todos estos estudios han aportado una indudable cantidad de información que nos permite comprender mejor estas ideas. (Rodríguez, 2000).

Las ideas previas se pueden definir como construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada. (Bello, 2004). O de una forma más general, son las ideas que los sujetos construyen para interpretar y explicar sucesos naturales cotidianos. (Garritz, 2000).

La mayor parte de los trabajos actuales se interesan en las ideas previas como procesos, es decir, tipos de estructuras que se ponen en marcha frente a situaciones o problemas determinados. Se trata de un conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas para razonar frente a situaciones-problema, que evidencian una estructura mental subyacente responsable de estas manifestaciones contextuales. De ahí la importancia de poner a los estudiantes frente a situaciones-problema para llegar a conocerlas. (Meinardi, 2010).

El conocimiento de las ideas previas, de los alumnos, cobra relevancia en el proceso de adquisición del conocimiento; dado que los estudiantes al igual que el resto de los individuos, aprenden sobre la base de lo que ya conocen. Al incorporar una nueva información, activan en su memoria los conocimientos relacionados con ella, establecen conexiones e interpretan la nueva información en función del conocimiento previo existente. Las concepciones alternativas se convierten, así, en el punto de partida del aprendizaje que va a tener lugar. En términos ausubelianos podría decirse que permiten el proceso

de anclaje entre el conocimiento previo y los nuevos contenidos que se van a adquirir (Rodríguez, 2000).

De manera que, ante la presencia de un hecho o un fenómeno, no necesariamente científico, surge la necesidad de su interpretación y explicación, las cuales inherentemente se encontrarán relacionadas con las experiencias personales y el ámbito académico propio de cada individuo. Lo que le permite entender muchas de las cosas que normalmente se le presentan en su vida diaria. Por consiguiente, al encontrarnos y enfrentarnos a diversas ideas de los alumnos sobre algún fenómeno, tema o concepto, propio de una determinada disciplina, adquieren importancia y relevancia dichas ideas, en la comprensión, entendimiento, explicación y enseñanza de un determinado tema. Porque posiblemente aquí surge el distinto modo de llamar y entender de forma diferente lo expuesto en clase. Es decir, las concepciones alternativas construidas espontáneamente por individuos que no son expertos, ponen de manifiesto la necesidad de los sujetos de generar explicaciones con el objetivo de interpretar y actuar en la realidad. Y, en último término, indican el sentido del conocimiento: su uso. (Rodríguez, 2000).

2.4.1 Características comunes de las ideas previas

Tal como ocurre con las diferentes denominaciones que pueden recibir las concepciones alternativas, también hay un gran número de versiones respecto a las características de las ideas previas (Meinardi, 2010). En el presente trabajo consideramos las citadas por Rodríguez (2000) y Bello (2004) en donde mencionan de forma general las características en común que tienen dichas ideas.

- Son construcciones personales.
- Son compartidas por personas de muy distintas procedencias culturales y de diferentes edades (son universales).
- Son muy estables y resistentes al cambio, persistiendo en muchas ocasiones a pesar de largos años de instrucción escolarizada.
- Están dominadas por lo perceptivo.

- Tienen un carácter implícito para el individuo y dependen del contexto donde se expresen; el individuo opera mentalmente en forma rápida a partir de ellas, para explicar o dar respuestas a una determinada situación.

2.4.2 Ideas Previas en Ciencias

En el campo de las ciencias, las concepciones alternativas han sido motivo de investigación debido a que, por un lado, son distintas a las explicaciones científicas y, por el otro, no son ideas simples que cambien al enseñar ciencia en la escuela (Garritz, 2000). Es así que, en años recientes, las personas encargadas de enseñar ciencias se han interesado en conocer la forma en que sus alumnos entienden un determinado fenómeno natural antes y después de que reciban una instrucción científica, ya que las ideas previas se han usado para describir una no aceptada interpretación de un concepto (Williams, 2009). No debe de resultar extraño que, al cuestionar a los estudiantes sobre algún tema o tópico científico, nos confrontemos a una variedad de respuestas; esto se debe a las maneras en que las personas recibimos e incorporamos el conocimiento científico, las cuales son múltiples, ya que éste puede ser presentado, por ejemplo, a través de los medios de comunicación, el hogar, los amigos o pares, la escuela, libros, revistas, tan sólo por mencionar algunos, cada uno de los cuales han permitido modelar y tener determinadas ideas sobre alguna cosa o concepto. (Williams, 2009).

Por consiguiente, las formas en que el conocimiento e información científica llega a las personas, en la actualidad, es a través de diversas fuentes y pueden representar un conjunto de ideas que se van acentuando en el saber cotidiano popular, ya sea de una forma correcta o desvirtuada. (Williams, 2009).

Considerando lo expuesto por Taber (1999), Garritz (2000 b) menciona que las personas de forma natural buscamos patrones para construir explicaciones acerca de lo que experimentamos, actuando de cierta forma, como un científico informal, pues en la elaboración de dichas explicaciones nos enfrentamos a actividades como la observación, formulación de hipótesis y la comprobación

de ideas contra evidencias que van apareciendo de forma adicional. Lo cual no sugiere que las personas sean buenos científicos, simplemente tratan de exponernos, que la mayoría de la gente, incluidos estudiantes de química, están más bien dispuestos a acomodar sus observaciones dentro de sus esquemas mentales, con una mínima perturbación de sus ideas previas o preexistentes, lo que ocasiona que estas ideas se encuentren fuertemente arraigadas en los aprendices.

Como hacen mención en sus trabajos Garnett et al. (1995) y Garritz (2000 b), algunas de las razones por las que surgen las ideas previas en química, independientemente del conocimiento informal adquirido son:

- a) Uso del lenguaje cotidiano dentro de un contexto científico; lo cual es ejemplificado con el término “partícula”, que en el uso común hace referencia a una pieza pequeña y visible de una sustancia sólida, mientras que en química se refiere a un átomo, ion o molécula.
- b) Sobresimplificación de conceptos y utilización de aseveraciones generales; lo cual hace referencia a la simplificación, que en ocasiones los docentes realizan de ciertos conceptos o temas. Lo que puede desembocar en descripciones limitadas o incluso erróneas hacia sus alumnos.
- c) Uso de múltiples definiciones, así como el uso de diversos modelos con diferentes niveles de sofisticación.
- d) Memorización simple de conceptos y algoritmos.
- e) Sobreposición de conceptos similares; lo que se explica utilizando el siguiente ejemplo, cuando un alumno pretende alcanzar el entendimiento del concepto de equilibrio químico, pero lo coloca como dependiente del concepto de equilibrio físico, puede resultar en una gran confusión.
- f) Dotar a los objetos de características humanas o animales.
- g) Conocimiento inadecuado de los prerrequisitos del tema que se desea abordar.
- h) Incapacidad para visualizar la naturaleza corpuscular/submicroscópica de la materia.

Sea cual sea el origen de las ideas previas de los estudiantes, los docentes no deben omitirlas o dejarlas a un lado, pues en muchas ocasiones las concepciones alternativas representan una de las dificultades con las que frecuentemente se pueden topar los profesores al introducir nuevos conocimientos en los educandos (Williams, 2009). De igual forma, el conocimiento de dichas ideas permite, a los profesores, confrontar las concepciones de los alumnos para posteriormente ayudarlos en la adquisición de un nuevo conocimiento basado en principios científicamente aceptados (Garritz, 2000 b).

Si el docente logra darse cuenta de las ideas previas que tienen sus alumnos, a menudo puede guiar las estrategias de aprendizaje para desarrollar un razonamiento y mejor entendimiento de los fenómenos, temas y conceptos tratados en la clase de química o de cualquier otra disciplina.

2.5 Educación química

La química, como materia y disciplina, es una ciencia que permite explicar y fundamentar muchos de los fenómenos cotidianos a los que se enfrentan todas las personas, de ahí el interés de contar con un conocimiento sólido en ciertos temas y conceptos de dicha área.

Escuchar que “la Química está presente en nuestra vida y de forma cotidiana”, es una expresión que generalmente suelen decir los profesores o especialistas de la materia, para adentrar a los alumnos en esta nueva área del conocimiento científico; sin embargo, utilizar el enunciado anterior o mencionar ejemplos en donde se pueda poner de manifiesto la presencia de la Química, no garantiza el éxito de atraer la atención de los estudiantes y despertar su interés en el estudio de dicha disciplina, sin dejar de mencionar que los alumnos, cada vez se ocupan menos en preguntarse el por qué de las cosas y acontecimientos de su entorno.

Independientemente de las nuevas propuestas para la enseñanza de la ciencia, en donde se encuentra inmersa la enseñanza de la química, estas nuevas propuestas, de enseñanza, siguen altamente articuladas en torno a los contenidos verbales, que siguen siendo el eje central de la mayor parte de los currículos de ciencias. A pesar de ello, aunque sean un contenido tradicional en la educación científica, los conocimientos verbales requieren también un análisis de las dificultades que plantea su aprendizaje (Pozo y Gómez, 2006).

2.6 Contenidos verbales

Hay diferentes tipos de contenidos verbales, ocasionando la presencia de diferentes formas de desarrollar y organizar el currículo de ciencias, lo cual se ve reflejado en las propias actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación (Pozo y Gómez, 2006).

Se pueden diferenciar tres tipos principales de contenidos verbales: los datos, los conceptos y los principios:

- a) Datos.- Un dato o un hecho es una información que afirma o declara algo sobre el mundo. Ej.: Las rocas están formadas por minerales, el símbolo del cobre es Cu, el hielo se derrite, etc. Parte de esos datos para aprender ciencia deben de enseñarse en las aulas, pero otros son de conocimiento público, producto con la interacción cotidiana con los objetos.
- b) Conceptos.- Es la relación que se establece entre una serie de datos dentro de una red de significados que explique por qué se producen y qué consecuencias tienen.
- c) Principios.- Existen dos variantes: principios o conceptos estructurantes de una disciplina y los conceptos específicos; los principios serían conceptos muy generales de un gran nivel de abstracción, que suelen subyacer a la organización conceptual de un área, aunque no siempre se hagan lo suficientemente explícitos. Son principios que atraviesan todos los contenidos de una determinada asignatura y cuya comprensión plena debe ser uno de los objetivos esenciales de su inclusión en el

currículo. Difícilmente se pueden comprender nociones más específicas si no se dominan esos principios, de forma que una de las metas últimas sería la asimilación o construcción por los alumnos de esos principios o conceptos estructurantes, a los que deben de acceder a través de los contenidos conceptuales específicos de las materias. Ej.: conceptos como los de conservación y equilibrio. Los conceptos específicos lo constituyen el listado habitual de contenidos conceptuales. Ej.: densidad, energía, combustión, etc. (Pozo y Gómez, 2006).

La pertinencia de considerar, lo escrito anteriormente, se encuentra encausado en comprender lo que el alumno va construyendo al momento de presentarle una determinada información. El presente trabajo, al considerar la parte conceptual exclusivamente del equilibrio químico, está enfocado en conocer las posibles relaciones, de los estudiantes, entre las actividades presentadas en una entrevista y lo abordado en clase.

2.7 Equilibrio Químico

El equilibrio químico es un tema que forma parte del contenido disciplinar de diversos cursos de química (Medina, Martínez y Ramírez, 2002); se encuentra incluido dentro del currículum por ser considerado un concepto central en la enseñanza de la química (Ganaras, Dumon, Larcher, 2008; Huerta e Irazoque 2009). Por lo anterior, la mayoría de los currículos de educación media superior en México y en otros países, contemplan su estudio y lo introducen en los últimos años de este nivel educativo (Huerta e Irazoque 2009).

La importancia y comprensión del equilibrio químico radica en que por una parte, complementa el tema de reacción química, razón por la cual se considera fundamental en el estudio de esta ciencia (Huerta *et al.* 2009) y por otra, está presente en la mayoría de los procesos de la vida diaria (Medina *et al.*, 2002), lo cual permite comprender los equilibrios cotidianos, de la naturaleza y de aplicación industrial, como pueden ser la formación de la capa de ozono, la regulación del pH en la sangre, la adaptación al Mal de Altura, tan solo por mencionar algunos ejemplos (Huerta *et al.* 2009). Otro aspecto

relevante en el estudio del equilibrio químico reside en que todos los procesos que ocurren en la naturaleza y aquellos provocados por el hombre de una manera u otra y en cierto tiempo, el cual puede ser muy grande, tienden al equilibrio (Medina *et al.*, 2002).

Aunado a la relevancia anterior, de por qué es importante el estudio de este concepto y por qué dicho tópico se encuentra incluido en el temario de diversos cursos de química a partir del nivel medio superior, Ganaras, Dumon y Larcher (2008) complementan el por qué del estudio de este tema, pues consideran al equilibrio químico como un concepto integrador y unificador, que permite, a los estudiantes, una reestructuración de los conocimientos científicos como resultado de la enseñanza. Es un concepto integrador porque requiere la conexión de varios conceptos sobre diversos dominios de química (termodinámica, cinética, estructura de la materia, etc.) en diferentes niveles (macroscópico, microscópico y simbólico) como menciona Ganaras *et al.* (2008) citando el trabajo realizado por Quílez (2006).

Además es considerado como un concepto unificador porque desvanece la distinción entre la variedad de fenómenos químicos que a menudo se enseñan de forma independiente (ácido-base, oxido-reducción, esterificación y reacciones de hidrólisis, complejos y formación de precipitados) (Ganaras *et al.*, 2008).

El equilibrio químico, sin duda, es un tema y concepto medular en la enseñanza y aprendizaje de la química, por las razones antes mencionadas, pero hasta el momento no se ha definido qué es. A continuación se presenta una reflexión, con base en las diferentes fuentes bibliográficas analizadas, con la finalidad de conocer cómo es que se define y aborda el tópico del equilibrio químico en la literatura científica, a la cual se tiene acceso y puede ser consultada tanto por los alumnos como por los profesores.

2.7.1 Concepto de Equilibrio Químico

La revisión y análisis efectuado se realizó específicamente con libros de química que se encontraban en la biblioteca de la ENP No. 6 lugar donde se llevó a cabo el proyecto de investigación. De tal manera, la pertinencia de saber cuál es el material bibliográfico que puede ser consultado de forma general por los estudiantes de dicho plantel, así como también por la población en estudio.

Se observó que el equilibrio químico es abordado, por la mayoría de los autores, como un tema general y no existe o no se encontró una definición detallada y estructural de lo que es conceptualmente hablando. Es decir, la mayoría de los libros ilustran el equilibrio químico a partir de la ejemplificación de una reacción química, que depende de cada autor pero sirve de base para adentrar a los estudiantes a este tema. Una vez que se ha ejemplificado la reacción química, se continúa con la explicación de la misma, en donde la redacción y estructuración de lo que es el equilibrio químico dependerá nuevamente del autor consultado. Lo que es común dentro de estas explicaciones es que los alumnos son confrontados con conceptos como reacción química, reacción reversible, reacción incompleta, concentración de reactivos, productos, velocidad de reacción, constante de equilibrio, dinamismo, por mencionar sólo algunos de los términos que aparecen con frecuencia en las explicaciones de los libros de química. Términos propios y que caracterizan el equilibrio químico, pero que no son esclarecidos, ni fundamentados en ningún momento. Pues terminada la explicación de la reacción química, que ilustra lo que es el equilibrio químico, los siguientes temas se enfocan en describir lo que es la constante de equilibrio químico y el Principio de Le Chatelier, centrandó su atención en la resolución de problemas aplicando estos dos últimos temas.

Posiblemente la intención de los diferentes autores sea contemplar el equilibrio químico de forma general, para posteriormente llegar a las particularidades como es la parte conceptual del mismo. La desventaja de hacer lo anterior y que percibimos, es que dentro de las generalidades de dicho tema se

encuentran conceptos complejos y abstractos, como es el caso del dinamismo de las reacciones, que son necesarios aclarar y definir, ya sea con anterioridad o de manera conjunta al desarrollo del tema, para posteriormente poder construir y estructurar el concepto del equilibrio químico; ya que de otra manera lo que se puede lograr es un “aprendizaje” basado en la repetición memorística de dicho tópico.

De tal forma, consideramos que ninguno de los libros de texto revisados logra consolidar la parte conceptual del tema en estudio, en primer lugar, por la cantidad de términos y conceptos no detallados en la información que se le presenta al lector, en segundo, por la falta de referentes o ejemplos de reacciones en equilibrio químico y por último, porque gran parte del contenido de los textos se encuentra enfocado en la resolución de problemas matemáticos y la aplicación de fórmulas y algoritmos. Lo que difícilmente va a favorecer la elaboración, por parte de los alumnos, de un constructo de lo que es el equilibrio químico.

Algunos ejemplos de las definiciones encontradas en el material revisado se muestran a continuación:

- “En el equilibrio, la velocidad a la que se forma productos a partir de reactivos es igual a la velocidad a la que se forman reactivos a partir de productos”. (Brown, 2004).
- “El equilibrio es un estado en el que no se observan cambios conforme el tiempo transcurre. Cuando una reacción química llega a un estado de equilibrio, las concentraciones de reactivos y productos permanecen constantes en el tiempo, sin que se produzcan cambios visibles en el sistema. Sin embargo, a nivel molecular existe una gran actividad debido a que las moléculas de reactivos siguen formando moléculas de productos, y éstas a su vez reaccionan para formar moléculas de reactivo”. (Chang, 2010).

- “Cuando una reacción química tiene lugar espontáneamente, cambian las concentraciones de los reactivos y de los productos y la energía libre del sistema disminuye en forma gradual. La energía libre alcanza con el tiempo un mínimo y el sistema llega a un estado de equilibrio. Si se sigue la concentración de los reactivos y los productos mientras esto ocurre ellos se acercan de manera gradual a valores uniformes. Así, la velocidad a la cual los reactivos forman los productos se acerca a la velocidad a la cual los productos forman los reactivos. Cuando al fin se alcanza el equilibrio, tanto la reacción directa como la inversa ya no cambian con el tiempo, la que indica dicha condición como un equilibrio dinámico”. (Brady, 2003).
- “En una reacción química reversible, se llama equilibrio químico a la situación en la que las diversas sustancias que desaparecen lo hacen con la misma velocidad con la que se forman. Además, si desde el exterior no se influye sobre el sistema, las concentraciones de las diversas sustancias en el equilibrio químico permanecen constantes [...] El equilibrio químico no es una situación estática sino que es un equilibrio dinámico en el que se producen tanto el proceso directo como el inverso y ambos con la misma velocidad [...] En una reacción química reversible, en el equilibrio químico la relación entre las concentraciones de los productos y de los reactivos elevadas a sus respectivos coeficientes estequiométricos es una cantidad constante para cada temperatura determinada, llamada constante de equilibrio”. (Andrés, Antón, Barrio, 2003).

Las siguientes definiciones no fueron obtenidas de libros disponibles en la biblioteca de la ENP No.6, la finalidad de escribirlas es dar a conocer a otros autores que se han enfrentado con la misma labor de definir lo que es el equilibrio químico.

Autores como Medina et al. (2002) definen el equilibrio químico desde el punto de vista cinético:

- “El equilibrio químico es el estado que alcanza todo proceso químico cuando las velocidades o los cambios de los sentidos directos y contrarios de las reacciones elementales son iguales, lo cual se da como consecuencia una velocidad aparentemente nula para una reacción reversible. Esto quiere decir que al mismo tiempo se dan transformaciones de reactivo y producto y el equilibrio químico es un estado dinámico y no estático”.

Y consideran otra definición desde el punto de vista termodinámico, que es:

- “...la termodinámica aplica las leyes que definen las condiciones finales en el sistema, es decir, el equilibrio químico... y relaciona las cantidades de reactivo y producto en un valor que ofrece un mínimo de energía en el sistema”.

Quílez, Lorente, Sendra y Encino (2009) en su libro 2 Bachillerato. Afinidad Química contemplan la siguiente definición:

- “En todo proceso reversible -se producen tanto la reacción directa como la inversa- cuando se hacen reaccionar inicialmente los “reactivos” (o en su caso los “productos”), llega un momento en que la reacción aparentemente “se para” sin haber desaparecido completamente las sustancias puestas inicialmente a reaccionar (ninguna de las dos reacciones se produce de forma completa). Cuando se llega a esta situación, las cantidades de todas las especies químicas que participan en el proceso permanecen constantes. Este sistema de composición constante se denomina equilibrio químico”.

Como se ha observado, ante la dificultad propia de conceptualizar el equilibrio químico, consideramos que una adecuada definición debe de comprender los términos que permitan una organización, estructuración y caracterización de

dicho tópico. De esta forma, tres son los conceptos básicos que caracterizan el equilibrio químico, estos son:

- a) Reacción incompleta
- b) Reversibilidad
- c) Carácter dinámico

Los tres conceptos señalados, a pesar de constituir lo que es el equilibrio químico, son una importante fuente de ideas y concepciones alternativas muy heterogéneas entre los estudiantes que generalmente suelen entrar en conflicto al acercarse al entendimiento y comprensión de dichos tópicos. (Quílez, 1998).

Por consiguiente, y a manera de conjetura, si los alumnos son capaces de comprender los tres conceptos antes mencionados, temas subsiguientes como son la constante de equilibrio químico, el principio de Le Chatelier y la resolución de problemas serán más sencillos de entender, asimilar y aplicar, evitando que el tema del equilibrio químico se centre únicamente en la operabilidad.

Contemplando la postura de la didáctica de las ciencias, en donde se considera que el conocimiento acerca de la naturaleza de la ciencia es uno de los componentes fundamentales en la alfabetización científica general (Adúriz, Izquierdo, Estany, 2002) y que, por consiguiente, el reconocimiento de la filosofía e historia de la ciencia adquiere una posición relevante en dicha actividad. En el presente trabajo se contempla, en forma de resumen, un apartado sobre la historia del desarrollo del concepto del equilibrio químico, resaltando los aspectos más relevantes del tema; aclarando que la intención de escribir dicha sección tiene como única finalidad dar a conocer, a *grosso modo*, cuáles fueron los orígenes del estudio del tópico a tratar.

2.7.2 Aspectos históricos sobre el desarrollo del concepto de Equilibrio Químico

La información contenida en el presente apartado es un resumen de los trabajos realizados por Quílez (2002,2004) sobre el desarrollo histórico del concepto del equilibrio químico. Aquí se resaltan los aspectos más relevantes, a nuestro parecer, de los orígenes del estudio y concepto de dicho tópico. Se consideró dicho autor, porque hasta el momento es uno de los pocos investigadores que abordan la parte histórica del equilibrio químico; autores como Raviolo (2007) también cuentan con publicaciones sobre el estudio histórico del equilibrio químico, pero sus trabajos se encuentran más enfocados a las implicaciones didácticas que tiene el estudio, conocimiento y aplicación de la historia de dicho tópico, razón por la cual no se consideró en la elaboración del siguiente resumen, pues no es la línea de investigación que se abordó en el trabajo de investigación.

Las primeras ideas relacionadas con el equilibrio químico surgen del estudio de la afinidad química, el cual *grosso modo* pretendía explicar cómo y porqué las sustancias reaccionaban entre si. Numerosos investigadores, desde la época de los griegos (Platón, Aristóteles), medievales (Alberto Magno) y posteriores, trataron de explicar la idea de afinidad entre las sustancias, llegando a la conclusión que entre mayor era la afinidad (semejanza, similitud o parentesco) entre dos sustancias, mayor era su tendencia a reaccionar entre sí.

En los primeros años del siglo XVIII, Newton trató de explicar teóricamente por qué una sustancia reaccionaba con otra, considerando que en química deberían existir fuerzas análogas a las gravitacionales y que dichas fuerzas, presentes entre las partículas, eran de gran intensidad (tanto atractiva como repulsiva) y se ponía de manifiesto sólo a distancias pequeñas. Se asumía que la magnitud de estas fuerzas variaba de una sustancia a otra, por lo que se empezó a especular acerca de la medida de estas “afinidades selectivas”.

Los químicos del siglo XVIII, bajo el paradigma newtoniano o bien con el objetivo de sistematizar todo el conocimiento químico existente, empezaron a construir las primeras tablas de afinidad, dando un enfoque cuantitativo para

medir las diferencias de reactividad de los cuerpos. Es así que, en el año 1718 Geoffroy presentó a la academia de Ciencias de París su *Table des différents rapports observés entre différentes substances*; que era una tabla constituida por dieciséis columnas, cada columna encabezada por una sustancia de referencia, seguida de otras sustancias que se colocaban sucesivamente debajo de la misma, este orden decreciente en que se acomodaban las sustancias indicaba su afinidad por la primera. Las sustancias ubicadas en la posición más alta de la tabla desplazaban a cualquier sustancia que se encontraba por debajo de la misma en su combinación con la sustancia de referencia.

Una de las tablas más conocidas fue la elaborada por el químico sueco Bergman en el año de 1775, esta tabla y las que siguieron hasta 1784, se confeccionaron con la idea de estudiar todas las reacciones químicas posibles, bajo el amparo de la interpretación efectiva de las afinidades químicas en términos newtonianos.

Según esta concepción, las combinaciones químicas eran el resultado de las afinidades selectivas, que dependían únicamente de la naturaleza de las sustancias reaccionantes. La determinación de las afinidades se realizaba en términos relativos, a partir de la interpretación del resultado de reacciones de desplazamiento. Por ejemplo, si una sustancia A reaccionaba con otra BC, dando como resultado las sustancias AB y C, se concluía que la afinidad de A sobre B era mayor que la que poseía C. La tabla de Bergman constaba de 49 columnas (27 ácidos, 8 bases, 14 metales y otras sustancias). Lo cual suponía ordenar unas 300,000 reacciones químicas.

Para Bergman las reacciones químicas eran completas y se producían en un sólo sentido, pero no eran ajenos a su conocimiento otros factores que también intervenían en las reacciones químicas como la posibilidad de formación o no de gases, la diferente solubilidad de las sustancias o la influencia de la cantidad de la sustancia sobre el curso de la reacción. Pero su convicción de que el sentido de la reacción sólo dependía del orden relativo de las afinidades respectivas, lo llevaron a considerar “reacciones anómalas” como

consecuencia de datos inadecuados que requerían de una experimentación más cuidadosa y precisa.

A principios del siglo XIX, Berthollet (profesor de química del *École Normale*) reformuló las ideas anteriores tomando en consideración la masa de las sustancias que participaban en una reacción química como factor clave a la hora de dar cuenta de las llamadas “fuerzas químicas”. Berthollet, se apegó inicialmente al paradigma de las afinidades electivas, en donde la imposibilidad de que se produjese la reacción inversa se encontraba establecida por el orden relativo de afinidad. Pero la necesidad social de disponer de nitrato de potasio puro y el programa de instrucción que se desarrolló como consecuencia de lo mismo, fueron aspectos determinantes que condujeron a Berthollet a la revisión del concepto de afinidad química.

Con base en la observación y estudios realizados por Berthollet, las afinidades dejaban de tener el carácter absoluto atribuido por Bergman y menciona un segundo factor “la masa de los reactivos”, de tal forma una gran cantidad de uno de los reactivos podía compensar su menor afinidad con respecto a otra, posibilitando con ello la reacción inversa a la inicialmente permitida mediante la única consideración de las tablas de afinidad.

Berthollet empleó de nuevo el concepto newtoniano de fuerza para explicar las reacciones químicas. La afinidad química sería un tipo de fuerza análoga a la fuerza gravitatoria, y que la fuerza de afinidad sería directamente proporcional a la masa de la sustancia reaccionante. La introducción del factor masa permitió explicar que las reacciones fuesen incompletas y que tanto la reacción directa (permitida por el marco teórico de las afinidades electivas) como su reacción inversa (prohibida teóricamente hasta ese instante) fuesen posibles.

A pesar del carácter cuantitativo inherente a la teoría de Berthollet, éste no pudo determinar la magnitud de las afinidades químicas, por lo que el interés sobre sus estudios fue mermado. A principios de la segunda mitad del siglo XIX, nuevos hechos experimentales permitieron reformular las ideas de Berthollet y trabajos como los de los científicos noruegos Guldberg y Waage permitieron

formular las primeras expresiones matemáticas de la afinidad química y obtener finalmente la primera ecuación matemática de lo que hoy se conoce como constante de equilibrio.

2.7.3 Dificultades en la enseñanza del Equilibrio Químico

Nos damos cuenta, por lo anteriormente escrito, que el equilibrio químico es un tema en donde se pueden presentar diferentes obstáculos o impedimentos al ser abordado en el salón de clases, pues al ser un concepto abstracto y complejo de interpretar requiere de una terminología específica y de una gran demanda de prerrequisitos conceptuales. Además de relacionarse con otros conceptos que tampoco son sencillos de enseñar, como es el caso de reacción química (Huerta *et al.* 2009). Aunado a lo anterior, tradicionalmente el equilibrio químico se aborda paralelamente con el tema del Principio de Le Chatelier, como menciona Huerta *et al.* (2009) citando el trabajo de Raviolo *et al.* (1998), obteniéndose como resultado que los alumnos no pueden identificar cuándo ni por qué un sistema se encuentra en equilibrio químico.

De ahí que muchos profesores de química consideren que es uno de los temas más complicados de enseñar, mientras que los alumnos suelen clasificarlo como uno de los temas más difíciles de aprender (Quílez, 2006).

De tal forma, el reconocimiento de algunas de las características, en la enseñanza y aprendizaje de este tema, que se han podido observar a partir de diversas investigaciones, para abordar dicho tópico. Por lo que a continuación se presentan algunas de ellas.

Autores como Raviolo y Martínez (2005) señalan que una de las principales dificultades, que presentan los alumnos, con respecto al tema del equilibrio químico es la enseñanza recibida dentro de su educación formal, planteando cuatro clasificaciones en forma de hipótesis:

- 1) La resolución de problemas
- 2) La realización de experimentos
- 3) Las presentaciones expositivas
- 4) El lenguaje utilizado en las explicaciones

1.- La resolución de problemas

Varios estudios han mostrado que el énfasis en la resolución de problemas se encuentra más enfocado en aspectos cuantitativos del aprendizaje a expensas de razonamientos cualitativos (Raviolo *et al.*, 2005), porque la resolución de problemas algorítmicos no implica la comprensión de los conceptos involucrados. Se ha demostrado que estudiantes que resuelven correctamente problemas conceptuales resuelven también en gran medida los problemas algorítmicos (Niaz, 1995).

Situándonos específicamente en el equilibrio químico, en la Tabla No. 1 se observan las principales dificultades en la enseñanza, relacionadas con la resolución de problemas.

Tabla No. 1. Principales dificultades en la enseñanza del Equilibrio Químico relacionadas con la resolución de problemas.

Situación	Observaciones
Sobreexposición que tienen los estudiantes a cálculos estequiométricos sobre reacciones que se completan.	El énfasis se centra en los coeficientes estequiométricos, ocasionando que las imágenes, de los alumnos, sobre la relación entre las concentraciones de las especies químicas (reactivos y productos), considerando cualquier sistema en equilibrio químico, se encuentren siempre en cantidades iguales o proporcionales.
Resolución de problemas con reactivo limitante	La mayoría de los currículos de química destinan un mayor tiempo sólo a reacciones químicas irreversibles, que posteriormente (en muchos de los casos las mismas reacciones) se convierten en reversibles, ocasionando que las ideas de los alumnos se modifiquen sobre la existencia o no de reactivos limitantes o el exceso en un sistema en equilibrio químico.
Limitaciones en la comprensión de conceptos	La insuficiente comprensión del concepto concentración y la confusión entre masa y concentración generan dificultades al predecir el desplazamiento del equilibrio, la dificultad se puede acrecentar si los estudiantes no cuentan con habilidades de conversión, por ejemplo: de pH a concentración H^+
Empleo de diversos conceptos	Las dificultades en la resolución de problemas numéricos sobre el equilibrio químico se puede atribuir al hecho de que los alumnos requieren el manejo, no sólo de los conceptos propios del tema, sino también de conceptos tales como mol, estequiometría, gases, leyes de los gases, por mencionar algunos ejemplos.

2.- La realización de experimentos

Lamentablemente las experiencias de laboratorio, así como las demostraciones de clase que tienen los estudiantes sobre sistemas en equilibrio, son pocas. Aunado a lo anterior, las experiencias en sus vidas cotidianas con equilibrios químicos son nulas, por lo que los alumnos no cuentan con episodios que les permitan la construcción sobre reacciones en equilibrio químico. De tal forma, es recurrente que al abordar dicho tema se utilicen analogías con sistemas físicos conocidos, pero no se debe de llegar al abuso de ellas, pues su empleo no moderado y correcto es una de las principales fuentes de concepciones alternativas de los estudiantes como por ejemplo: tener la idea de que el equilibrio químico es estático y compartimentado (Raviolo *et al.*, 2005).

Nos enfrentamos entonces a que la selección de un experimento no es una tarea sencilla, porque asociado a la problemática de no contar con mucho tiempo para la realización del trabajo práctico, en ocasiones no contar con los materiales y reactivos necesarios, no hay un sólo experimento que permita abarcar todos los aspectos y perturbaciones del equilibrio químico (Raviolo *et al.*, 2005).

3.- Las presentaciones expositivas

Dentro de las dificultades que suelen presentarse tenemos:

- Empleo de analogías, en clase, basadas generalmente en sistemas mecánicos o hidráulicos, que pueden transmitir la idea de un equilibrio estático y compartimentado.
- La forma en que se han aprendido otros conceptos previos al del equilibrio químico; ejemplo: el concepto de reacción química, en el cual habitualmente se enseña suponiendo que la reacción química tiene lugar en una sola dirección, que siempre procede hasta completarse y que siempre corresponde con cambios macroscópicos; son obstáculos en la comprensión de la reversibilidad y dinámica del equilibrio químico.
- La enseñanza de la ecuación química destacando el símbolo de la doble flecha y el uso de diagramas entálpicos, contribuyen también a la idea de un equilibrio estático y compartimentado.
- Un modelo microscópico inadecuado de reacción química, puede generar concepciones alternativas, en los alumnos, como considerar independientes las direcciones directa e inversa de la reacción, interpretar incorrectamente la doble flecha y el efecto del catalizador.
- La incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier, puede llevar a la aplicación mecánica del mismo, sin comprender el comportamiento microscópico del sistema químico.
- Empleo de distintos niveles de explicación, microscópico, simbólico y macroscópico sin establecer las correspondientes diferencias y relaciones entre ellos.

4.- El lenguaje utilizado en las explicaciones

El discurso empleado por los profesores en el aula cobra relevancia en el tema del equilibrio químico, porque muchas de las palabras empleadas en la exposición y explicación del tema son de uso común y pueden generar diversas concepciones alternativas en los estudiantes si no son debidamente contextualizadas.

Como ejemplos tenemos las palabras “equilibrar” o “balancear” empleadas en el procedimiento de ajustar una ecuación química, palabras que pueden propiciar ideas como que en una situación experimental tiene que haber igual cantidad de reactivos o productos, o éstos estar presentes en cantidades iguales a sus coeficientes estequiométricos (Raviolo *et al.*, 2005).

El no explicitar las diferencias de significados de un mismo término en función del contexto en donde se formula, puede ocasionar dificultades en el aprendizaje del equilibrio químico; por ejemplo, el término “ecuación” no implica una igualdad en química como en matemáticas. En química la cantidad de sustancia de reactivos no es, necesariamente, igual a la cantidad de sustancia de productos (Raviolo *et al.*, 2005).

Términos y palabras como reversible, equilibrio, equilibrio químico, “la reacción se desplaza hacia...”, “posición del equilibrio”, reestablecimiento del equilibrio” o “sistema cerrado”, contribuyen a grandes confusiones entre los alumnos (Raviolo *et al.*, 2005).

El uso e interpretación del lenguaje matemático (principalmente al aplicar el principio de Le Chatelier) que capacita a los estudiantes a resolver ejercicios algorítmicos, pero que no evalúa su real comprensión conceptual, es otro de los problemas que se presenta al explicar el equilibrio químico (Raviolo *et al.*, 2005).

Como es posible apreciar, los obstáculos que se presentan al abordar el tema del equilibrio químico son variados; dificultades que comprenden desde un empleo inadecuado de términos y palabras, hasta la forma en que se han aprendido conceptos previos al tema, como es el caso de la reacción química, dificultan el aprendizaje del tópico en estudio, así como también son una fuente generadora de concepciones alternativas en los estudiantes, las cuales se desarrollarán y presentarán en el siguiente apartado.

2.7.4 Concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el Equilibrio Químico

El conocimiento de las concepciones alternativas es una de las principales líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias, por lo que diversos investigadores, no sólo dedicados a la Química, han invertido gran parte de su tiempo en el estudio e investigación de las mismas; pues a partir de ellas se puede conocer cómo es que los estudiantes interpretan, conocen o utilizan un determinado concepto; en este caso nos enfocaremos a las concepciones que tienen los alumnos referente al equilibrio químico.

Numerosos son los trabajos que han abordado este tema, investigadores como Duit (2003), Quílez (2002), Raviolo y Martínez (2003), entre otros muchos más, han realizado estudios sobre las concepciones alternativas de los estudiantes con respecto al tema del equilibrio químico.

Tanto la metodología empleada como la forma de indagación y obtención de dichas concepciones han sido variadas, pues los diversos autores han hecho uso desde la simple observación hasta el empleo de test de opción múltiple, resolución de problemas, test de asociación de palabras, cuestionarios y entrevistas, en donde estos dos últimos son los que mayormente se han utilizado (Raviolo y Martínez, 2003).

El aspecto más estudiado, aproximadamente en el 60% de las investigaciones, es el referido a la utilización del principio de Le Chatelier para predecir la evolución de un sistema en equilibrio al ser perturbado. A diferencia del estudio

en torno a los modelos mentales construidos por los estudiantes sobre el equilibrio químico, en donde no se han publicado investigaciones hasta el momento.

En la Tabla No. 2 se muestran algunas de las posibles fuentes generadoras de concepciones alternativas en los estudiantes con respecto al equilibrio químico, así como las ideas o dificultades presentes en los alumnos.

Tabla No. 2. Fuentes generadoras de concepciones alternativas en los estudiantes con respecto al Equilibrio Químico.

Fuente	Concepción alternativa / dificultad
A) Conceptos previos que se utilizan en el estudio del equilibrio químico	Dificultad para diferenciar entre cantidad de sustancia y concentración. Ej. Masa- concentración. Dificultad matemática y estequiométrica. Inadecuada comprensión microscópica de la reacción química.
B) Características de un sistema en equilibrio químico	No diferencian sistemas en equilibrio de los que no lo están. Antes de comenzar la reacción inversa, la reacción directa se efectuó en su totalidad. (Las reacciones son completas). No admiten la coexistencia de todas las especies involucradas en el equilibrio dentro de un mismo sistema. Compartimentación del equilibrio químico (reactivos y productos). Consideran el equilibrio químico como estático.
C) Lenguaje, simbolismo y efecto de factores externos sobre el equilibrio (constante de equilibrio)	Asocian el término "equilibrio" a una igualdad e inmovilidad. Incorrecta interpretación de la doble flecha con distintas-longitudes. Mantienen la constante (K) inalterada ante cambios de temperatura. Dificultad al comparar las concentraciones entre un equilibrio inicial y uno final. Incomprensión del efecto de adicionar más reactivo al sistema en equilibrio.

Fuente: Educación Química, Raviolo et al. (2003).

Capítulo III. Metodología

Capítulo III. Metodología

3.1 Objetivo general

- Mediante diversas situaciones experimentales conocer las explicaciones, de alumnos de bachillerato, que evidencien cómo definen lo que es el equilibrio químico

3.1.1 Objetivos particulares

- Evidenciar, con ayuda de las actividades experimentales, la forma en que los estudiantes emplean los términos, conceptos y vocabulario científico vistos en clase referentes al tema del equilibrio químico.
- Conocer el manejo de conceptos, términos y vocabulario científico, de los estudiantes, con respecto a temas relacionados con el tópico en estudio.
- Conocer si las actividades diseñadas sirven como una estrategia en la construcción del concepto del equilibrio químico.

3.1.2 Hipótesis

Los alumnos participantes al haber revisado el tema del equilibrio químico, con anterioridad en clase, contarán con los conocimientos necesarios que les permitan explicar los fenómenos y situaciones experimentales presentadas, llegando a definir y caracterizar lo que es el equilibrio químico.

3.2 Metodología

Como se mencionó, en el Capítulo I en la sección 1.4 (Evolución del trabajo de tesis) este proyecto de investigación partió en conocer los modelos mentales que tenían los alumnos, de nivel bachillerato, con respecto al equilibrio químico.

Al no encontrar un modelo mental referente a la conceptualización del equilibrio químico, se reestructuro toda la metodología inicial, contando con una nueva población de estudio, guía de entrevista y actividades experimentales. Que son las reportadas en este apartado, centrado la investigación en las explicaciones y posible conceptualización, por parte de los alumnos de nivel bachillerato, del equilibrio químico.

Como metodología de investigación se realizó un estudio de casos, contemplando la población e instalaciones ya mencionadas (sección 1.4).

Se diseñó e implemento una entrevista de eventos semiestructurada para conocer, de forma verbal, las explicaciones de los alumnos participantes al ser cuestionados sobre diferentes fenómenos relacionados con el equilibrio químico (pensamiento en voz alta). Al ser una entrevista de eventos semiestructurada, se contó con la flexibilidad de abundar en las respuestas obtenidas por los estudiantes y un momento determinado cambiar el orden de las preguntas, si se consideraba pertinente, con la finalidad de enriquecer la información proporcionada por los alumnos.

Todas las entrevistas fueron grabadas (video/audio), previo consentimiento de los padres o tutores, así como de los estudiantes que participaron en dicho proyecto, con la finalidad de su posterior transcripción y análisis.

Los experimentos seleccionados, y que fueron realizados por los estudiantes bajo la guía del autor de este trabajo, tuvieron las características de ser sencillos, vistosos y ser lo suficientemente incitantes; permitiéndoles a los alumnos el empleo de los conocimientos construidos en la clase, para explicar

y dar respuesta a las diferentes preguntas y cuestionamientos realizados durante la entrevista.

La actividad experimental que se propuso y se presentó a los alumnos, fue un experimento que tiene como referente el manual de prácticas del laboratorio de Química IV del área I (físico-matemáticas) de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) titulado “La experimentación en Química IV. Área I”. De dicho manual la práctica que se eligió lleva por nombre “Factores que afectan el equilibrio químico” la cual está relacionada con la unidad II (Rapidez y equilibrio de las reacciones químicas) del programa de Química IV área I.

Al ser sólo un referente, las preguntas contenidas en la entrevista son cuestionamientos totalmente diferentes a los planteados en el manual. De la misma forma se replantearon y modificaron las actividades propuestas en dicha práctica de la ENP, con la finalidad de facilitar el conocimiento de las explicaciones proporcionadas por los estudiantes participantes.

Una de las principales modificaciones realizadas al protocolo de la práctica, fue cambiar el reactivo que utilizan para ejemplificar el equilibrio químico, que es el nitrato de cobre (II) $[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2]$ por el cloruro de cobalto $[\text{CoCl}_2]$. Ambos reactivos en disolución forman iones complejos coloridos, cuyo color dependerá de las condiciones (temperatura y concentración) en las cuales se lleva a cabo la reacción química. En el caso del nitrato de cobre, las disoluciones coloridas que se pueden obtener son:

- a) Azul, debido a la formación del ion complejo $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ (ac)
- b) Verde, debido a la formación del ion complejo $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ (ac)

Para el cloruro de cobalto las disoluciones que se pueden obtener son:

- a) Rosa, por la formación del complejo $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ (ac)
- b) Azul, por la formación del complejo $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ (ac)

Uno de los motivos por los cuales se decidió cambiar el reactivo original de nitrato de cobre (II) por el cloruro de cobalto, fue por las coloraciones que se podían obtener al tener el reactivo en disolución; es decir, se pensó que un cambio en la coloración de una disolución de rosa a azul y viceversa, resultaría

más llamativo y notorio para los estudiantes, que si observan un cambio de color de azul a verde.

Otra modificación realizada a la práctica, fue la intención o los objetivos que se pretenden alcanzar al realizar la parte experimental, ya que la práctica original tiene como finalidad que los alumnos identifiquen cuáles son algunos factores que pueden llegar afectar el equilibrio químico, como son los cambios en la temperatura y la concentración de los reactivos.

En el caso del trabajo realizado, uno de los objetivos fue conocer las explicaciones de los alumnos bachillerato que evidencien cómo definen lo que es el equilibrio químico

Esta modificación se logró al diseñar el guión de entrevista, pues los cuestionamientos realizados a los estudiantes fueron completamente diferentes a las preguntas planteadas en la práctica de laboratorio.

En esta metodología se optó por incorporar nuevos reactivos, como el cloruro de sodio, para tratar de que los alumnos contaran con nuevos elementos y enriquecieran sus explicaciones. Se diseñó una nueva actividad en donde los alumnos tenían que disolver el cloruro de cobalto en agua y obtener por ellos mismos la disolución colorida y no presentarla de forma directa por el entrevistador. Se cambió el orden en que se hacían los experimentos y en algunas actividades el trabajo experimental partió de disoluciones de color azul y no sólo de disoluciones de color rosa como se había hecho con anterioridad.

A partir de las modificaciones realizadas, se contempló que en lugar de reportar un sólo experimento, pues en todas las actividades realizadas se utiliza el cloruro de cobalto, éste se dividiera y considerara cinco actividades experimentales, que es como se reportan los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

Como ya se dijo anteriormente (sección 1.4) se platicó con el profesor titular del grupo, encargado de dar la asignatura de Química IV, de área I, y se llegó a un acuerdo de planificar una clase para tratar el tema del equilibrio químico, en donde empleara el uso de analogías, como una estrategia para facilitar el aprendizaje de los alumnos de dicho tema (Raviolo, Garritz, 2007).

Se realizó la observación y grabación (audio/video) de las clases impartidas por el profesor, sobre dicho tópico, como un elemento adicional que nos podría ayudar posteriormente en el análisis de los datos que se obtuvieran.

Las entrevistas efectuadas tuvieron una duración aproximada entre una hora y hora y media, por participante, y se realizaron después de dos meses de haber visto el tema del equilibrio químico en clase. Este lapso del tiempo se debe principalmente a las eventualidades surgidas, planteadas en la parte de evolución del trabajo de tesis, durante la realización de este proyecto de investigación, pero también sirvió para conocer si las respuestas de los alumnos reflejaban un aprendizaje memorístico o bien, el aprendizaje obtenido, sobre el equilibrio químico, fue significativo permitiéndoles su conceptualización a partir de las actividades experimentales presentadas.

El proyecto de investigación se enfocó en la explicación y definición conceptual del equilibrio químico por parte de los estudiantes. Las actividades diseñadas se orientaron en abordar tres conceptos básicos que definen y caracterizan el equilibrio químico, estos son:

- a) Reacción incompleta
- b) Reversibilidad
- c) Carácter dinámico

Población

Como se mencionó en la sección de la evolución del trabajo de tesis (Pág. 10) inicialmente se trabajó con un grupo de 13 alumnos, pero dadas las modificaciones que se hicieron a la propuesta se cambió de grupo contando con la colaboración final de 12 estudiantes (5 mujeres y 7 hombres), con

edades comprendidas entre los 16 y 18 años, de la ENP No. 6 “Antonio Caso” del turno matutino que cursaban el último año de bachillerato (tercero de preparatoria) en el área I (Físico- Matemáticas y de las ingenierías). Se hará referencia a ellos (mujeres y hombres) en género masculino.

Lugar

Todas las entrevistas y actividades experimentales se realizaron en los Laboratorios Avanzados de Ciencias Experimentales (LACE) de la ENP No. 6.

El procedimiento de cómo se estructuró y efectuó la entrevista se muestra a continuación.

3.3 Procedimiento

Como parte inicial de la entrevista se realizó una breve presentación del entrevistador y guía de las actividades experimentales (autor de la tesis) dando a conocer la siguiente información:

- Nombre
- Formación académica
- Breve explicación, al alumno, sobre las actividades que realizaría durante la entrevista. Dándole a conocer el tiempo aproximado de la misma (1 hora).

A continuación se cuestionó al alumno sobre algunos datos personales, asegurándoles la confidencialidad de los mismos, informándoles que se utilizarían exclusivamente con fines didácticos y de investigación. Permitiendo su identificación y seguimiento durante el estudio; los datos solicitados fueron los siguientes:

- Nombre
- Edad (fecha de nacimiento)
- Escolaridad

- Ocupación (si el alumno aparte de estudiar trabaja, considerando que el contexto de un chico que sólo estudia difiere de aquel que estudia y trabaja, por lo que las explicaciones obtenidas probablemente sean distintas)

Posteriormente se comenzó con las actividades involucradas en la entrevista, las cuales se desarrollaron de la siguiente manera:

Es necesario aclarar que todas las actividades experimentales involucradas en el protocolo de investigación, son actividades cualitativas y no cuantitativas, por lo que cálculos y ejercicios matemáticos no son contemplados.

El hecho de considerar sólo la parte cualitativa de los experimentos se debe al interés que tenemos por las explicaciones proporcionadas por los alumnos, derivadas de lo que hacen y observan macroscópicamente. Y que les puede servir como un conector entre lo macroscópico y microscópico complementando sus respuestas. A continuación se describen las diferentes actividades y algunas de las preguntas hechas a los estudiantes:

Reactivos

- Cloruro de cobalto hexahidratado (sólido)
- Disolución de cloruro de cobalto
- Ácido clorhídrico concentrado
- Cloruro de sodio (sólido)
- Disolución sobresaturada de cloruro de sodio
- Agua destilada

I.- Se le muestran al alumno los dos compuestos sólidos con los que trabajará: cloruro de cobalto hexahidratado que es de color guinda y el cloruro de sodio de color blanco. Con la finalidad de que el alumno conozca una de las características macroscópicas, como es el color, de dichos compuestos. Como pregunta se le solicita que mencione el color de cada uno de ellos

Pregunta: ¿De qué color son?



Cloruro de cobalto (guinda)



Cloruro de sodio (blanco)

II.- Experimento I

Se le pide al alumno que prepare una disolución de cloruro de cobalto (mostrado con anterioridad). Para lo cual se le indica que adicione una pequeña cantidad de dicho compuesto (aprox. dos puntas de espátula) en un tubo de ensayo, previamente identificado como Tubo A, y agregue un volumen de agua destilada que le permita disolver lo adicionado (aprox. 5 mL).

Cloruro de cobalto (s) + Agua destilada (l) = Tubo A (tubo testigo de la coloración rosa)



III.- A partir de la disolución preparada, se realizan los siguientes cuestionamientos, indicándole al estudiante que el Tubo A fungirá como un tubo testigo de coloración para las siguientes actividades.

Preguntas:

- ¿De qué color ves la disolución obtenida?
- ¿Qué sucede cuando se adiciona agua destilada al cloruro de cobalto sólido?
- Menciona ¿qué especies químicas crees que tienes en la disolución?

- ¿Podrías hacer un dibujo en donde representes lo que te imaginas, a nivel de partículas, moléculas, átomos o iones?

IV.- Se le muestra al alumno una disolución de cloruro de cobalto, previamente preparada por el entrevistador, contenida en un tubo de ensayo y se le pide que con ayuda de una pipeta distribuya volúmenes aproximadamente iguales (3 mL) en tres tubos de ensayo diferentes identificados como Tubo B, C y D.

V.- El entrevistador muestra una disolución sobresaturada de cloruro de sodio y pregunta al alumno:

Pregunta: ¿Qué es una disolución sobresaturada?

VI.- Experimento 2

Se le pide al alumno adicionar la disolución sobresaturada de cloruro de sodio, con ayuda de una pipeta, en el Tubo B hasta observar un cambio. Si al adicionar aproximadamente un volumen de 5mL no se ha visualizado ningún cambio, se le solicitará al estudiante que agregue cloruro de sodio sólido en el mismo tubo.

Cloruro de cobalto (ac) + Disolución sobresaturada de cloruro de sodio (ac) = Tubo B

Preguntas:

- ¿Qué pasó al adicionar la disolución sobresaturada de cloruro de sodio en el Tubo B?
- ¿Qué se observa al comparar el Tubo B con el Tubo A?

Nota: en caso de que el alumno no observe ningún cambio de coloración en el Tubo B, al adicionar la disolución sobresaturada o el cloruro de sodio sólido, se deja el tubo por un momento y se retomará en otras actividades posteriores indicadas en este procedimiento.

VII.- Experimento 3

3.1.- El estudiante con ayuda de un gotero, adiciona gota a gota (aproximadamente 5 gotas) ácido clorhídrico concentrado al Tubo C; la adición debe hacerse dejando resbalar la gota por las paredes del tubo para que el alumno pueda observar los cambios presentados. El tubo **NO se agita**.

Cloruro de cobalto (ac) + ácido clorhídrico concentrado (ac) = Tubo C (tubo testigo de la coloración azul)

Preguntas:

- ¿Qué sucedió al agregar unas gotas de ácido clorhídrico concentrado en el Tubo C?
- ¿Qué pasaría si se agita el Tubo C?

3.2.- Se le pide al entrevistado agitar el Tubo C y que explique lo ocurrido.

Preguntas:

- ¿Qué observaste?
- ¿Qué crees que ocurrirá? Si se adiciona más ácido clorhídrico concentrado.

3.3.- El alumno adicionará nuevamente ácido clorhídrico concentrado, al Tubo C, dejándolo resbalar por las paredes del tubo y agregando todo el volumen contenido en el gotero (1.5 mL aprox.). La adición ya no es de gota en gota y se agita el tubo. Al término del experimento se le indica al estudiante que el Tubo C servirá como un tubo testigo de la coloración azul.

Preguntas:

- ¿Qué sucedió?
- El Tubo C adquirió una coloración azul ¿cómo explicas lo ocurrido?
- ¿Cuáles son las especies químicas contenidas en el Tubo C?
- ¿Podrías hacer un dibujo en donde representes lo ocurrido, a nivel de partículas, moléculas, átomos o iones?

VIII.- Indicar al alumno que mediante la adición de ácido clorhídrico concentrado cambie la coloración del Tubo D (rosa) hasta obtener una coloración azul.

IX.- Del Tubo D, ya de color azul, el alumno deberá dividir el volumen obtenido en partes iguales. Una mitad permanecerá contenida en dicho tubo y la restante se le pedirá que la adicione en el Tubo X, previamente identificado.

X.- Se continúa el trabajo experimental con el Tubo D, cuestionando al alumno, sobre qué pasará si se le adiciona agua.

Pregunta:

- ¿Qué pasará? Si al Tubo D se le adiciona agua en vez de continuar con la adición de ácido clorhídrico concentrado.

XI.- Experimento 4

Cloruro de cobalto (ac) + ácido clorhídrico concentrado (ac) = Tubo D

4.1 El estudiante con ayuda de una pipeta comenzará con la adición de agua destilada, hasta observar un cambio de color.

Preguntas:

- ¿Puedes describir qué pasó?
- Si el alumno menciona la palabra “regresar” (o algún sinónimo de ella) se le pregunta ¿cuál es su significado?
- ¿A qué se debe la coloración rosa en el Tubo D?

4.2.- Se cuestiona al alumno sobre qué pasará si en lugar de continuar con la adición de agua, adicionará nuevamente ácido clorhídrico.

Pregunta:

- ¿Qué pasaría si se adiciona nuevamente ácido clorhídrico concentrado al Tubo D?

4.3.- Con ayuda de un gotero se le pide al estudiante que adicione nuevamente ácido clorhídrico concentrado en el Tubo D hasta observar un cambio

Pregunta:

- ¿Qué sucedió?

4.4.- Se le pregunta nuevamente, al alumno, qué pasaría si adiciona nuevamente agua destilada al mismo tubo (Tubo D)

Pregunta:

- ¿Qué pasará si se adiciona nuevamente agua destilada AL Tubo D?

4.5.- Con ayuda de una pipeta agregar nuevamente agua destilada en el Tubo D hasta observar un cambio.

Preguntas:

- ¿Qué ocurrió?
- ¿A qué se deben las diferencias entre la coloración rosa y azul?
- ¿A qué se debe el color rosa?
- ¿A qué se debe el color azul?
- ¿Por qué se presentan dos coloraciones simultáneas en el mismo tubo?

XII.- Antes de comenzar con la parte experimental No. 5 se recomienda que el entrevistador cuente con un baño María y un recipiente con agua y hielos, los cuales se utilizarán conforme se realicen las actividades contempladas en dicho apartado.

XIII.- Experimento 5

Cloruro de cobalto (ac) + ácido clorhídrico concentrado (ac) = Tubo X (proveniente del Tubo D)

5.1.- Se le solicita al alumno trabajar con el Tubo X (el cual se obtuvo en el punto IX de la metodología).

5.2.- Se cuestiona al alumno sobre qué ocurriría si se enfría el Tubo X, con ayuda de un contenedor con hielos.

Pregunta:

- ¿Qué pasaría si el Tubo X se enfría?

5.3.- Se solicita al estudiante colocar, con cuidado, el Tubo X en un recipiente con agua y hielos, dejándolo reposar aproximadamente 2 min. agitándolo periódicamente.

5.4.- Transcurrido el tiempo, se le pide al alumno sacar el tubo X del contenedor, observarlo y posteriormente colocarlo en una gradilla.

Pregunta:

- ¿Qué sucedió?
- ¿A qué crees que se deba el cambio de coloración en el Tubo X después de enfriarlo?

5.5.- Preguntarle al alumno qué pasaría si en lugar de enfriar el Tubo X, ahora lo sometiera a calentamiento con ayuda de un baño María

Pregunta:

- ¿Qué crees que ocurrirá si sometemos a calentamiento el Tubo X?

5.6.- Pedirle al alumno colocar, con cuidado, el Tubo X en el baño María y dejar que repose aproximadamente 2 min. agitándolo periódicamente.

5.7.- Transcurrido el tiempo, pedirle al estudiante sacar el tubo X, del baño María, observarlo y posteriormente colocarlo en una gradilla.

Pregunta:

- ¿Qué sucedió?
- ¿A qué crees que se deba el cambio de coloración en el Tubo X después de calentarlo?

XIV.- Concluidas las actividades experimentales, realizar los tres siguientes cuestionamientos y dar por terminada la entrevista.

Preguntas:

- ¿Existe alguna relación entre los primeros experimentos, en donde adicionas determinadas sustancias, con estos últimos en donde sólo calientas y enfrías?
- En la clase del profesor (titular del grupo) se revisaron algunas analogías ¿alguna de ellas te serviría para explicar mejor los experimentos realizados?
- Si tuvieras que nombrar los experimentos hechos ¿qué nombre les pondrías?

XV.- Se despide el entrevistador, agradece la participación de los alumnos y concluye la entrevista.

Capítulo IV. Resultados y análisis de resultados

Capítulo III. Resultado y análisis de resultados

En esta sección se presentan los enunciados e ideas principales de los alumnos participantes que utilizaron para explicar las diversas actividades realizadas en el presente trabajo de investigación. Para mantener el anonimato de los estudiantes haremos referencia a ellos por número y en género masculino; así se podrá leer: alumno 1, alumno 2, alumno 3, etc.

Los resultados se muestran en tablas cuyo encabezado considera el cuestionamiento planteado a los alumnos o bien, la actividad realizada por los mismos. Las ideas o enunciados principales, contenidos en cada una de ellas, son considerados así por la relevancia en la explicación del fenómeno visto o por la frecuencia con la que se presentaron.

Se aclara que el número de repeticiones, indicado en cada tabla, no necesariamente concuerda con el número total de personas entrevistadas (doce participantes). Lo anterior se debe a que en determinadas actividades los estudiantes consideraban más de una idea, incrementándose el valor total de las repeticiones. De igual forma, se puede presentar que el número de repeticiones se vea disminuido porque algunos alumnos frente a ciertos cuestionamientos no respondieron, por no saber lo que pasaba o sus explicaciones eran confusas y para evitar subjetividades o malas interpretaciones no se consideraron.

En algunos casos se muestran partes de las entrevistas efectuadas, que sirven para ejemplificar las respuestas obtenidas en cada una de las actividades experimentales en las cuales participaron.

Al término de cada actividad experimental, se les solicitó a los estudiantes que mediante la elaboración de un dibujo, explicaran a nivel de partículas lo que estaba ocurriendo. Las figuras se presentan en la sección de Anexo I (Pág. 135).

Es importante mencionar que todos los experimentos realizados, son actividades cualitativas y no cuantitativas. Como ya se mencionó en los apartados correspondientes, el objetivo principal de este trabajo de investigación es abordar la parte conceptual del equilibrio químico y la realización de cálculos y constantes son tópicos que no son considerados.

4.1 Experimento 1

Cloruro de cobalto (s) + Agua destilada (l) = Tubo A (tubo testigo de la coloración rosa)

Dentro de los objetivos, de realizar esta actividad, se tenían que los alumnos participantes conocieran y vieran los compuestos con los que se trabajaría, en este caso cloruro de cobalto (sólido de color guinda) y agua destilada, para posteriormente cada uno de ellos elaborara la disolución correspondiente de cloruro de cobalto en agua y que ésta fungiera como un tubo testigo de coloración (color rosa) durante las siguientes actividades. El otro objetivo fue conocer las ideas y conceptos de los estudiantes con respecto al tópico de disolución; encontrándonos con diversas explicaciones que se muestran a continuación.

Disolución (efecto del agua)

Se les pidió a los alumnos que colocaran una pequeña cantidad de cloruro de cobalto sólido en un tubo de ensayo y que posteriormente añadieran una determinada cantidad de agua al mismo tubo con el cloruro de cobalto y que explicaran que es lo que ocurría.

Se esperaba que los alumnos obtuvieran una disolución de cloruro de cobalto de color rosa y que en sus explicaciones emplearan términos y conceptos propios del fenómeno de disolución (cambio físico, mezcla, disolver, solvatación, etc.). De tal forma, al ser cuestionados sobre las especies químicas presentes en el Tubo A, la respuesta contemplada era, dos especies químicas (cloruro de cobalto y agua destilada).

En las Tablas 3 y 4 se muestran ideas relevantes expresadas por los alumnos sobre este experimento.

Tabla No.3. Ideas alumnos, disolución de cloruro de cobalto.

¿Qué sucede cuando se adiciona agua destilada al cloruro de cobalto sólido?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
El cloruro de cobalto se disuelve y su color pierde intensidad, se vuelve más claro	2
El agua al ser el disolvente universal disocia los átomos del cloruro de cobalto en la mezcla	1
Se disuelve el cloruro de cobalto y su concentración no es la misma, disminuye o se diluye	3
Se forma una especie de red entre las moléculas de cloruro de cobalto y el agua	1
Se combina el cloruro de cobalto con el agua destilada	1
El cloruro de cobalto se disuelve presentándose una reacción, cuyo producto es un ácido	1
El agua por su composición química disuelve el cloruro de cobalto	1
El cloruro de cobalto cambia su estado de sólido a líquido y disminuye su concentración	1
Se diluye el cloruro de cobalto perdiendo su estado de agregación	1

De forma general y considerando la Tabla No. 3 se aprecia que más de la mitad de los estudiantes (7), de forma indirecta, establecen cierta relación entre el proceso de disolución y la solubilidad de la especie química sólida que ocuparon (cloruro de cobalto), al emplear en sus explicaciones el término “disolver”. Lo anterior, nos lleva a considerar, *a grosso modo*, que contemplan la solvatación y solubilidad de cloruro de cobalto en agua, aunque dichos conceptos, como tales, no son explicitados en sus respuestas.

Otra de las relaciones fuertemente establecida, por la mayoría de los alumnos, es relacionar el proceso de disolución con el proceso de dilución. De tal forma, creen que la concentración del cloruro de cobalto sólido se ve afectada al adicionar o disolverlo en agua destilada, comprobándolo macroscópicamente al obtener una disolución de color rosa, que es de una coloración muy diferente al color original del sólido (guinda).

Tratando de englobar la mayoría de las respuestas obtenidas, las explicaciones de los alumnos van encauzadas al hecho de que al adicionar agua se tiene un volumen mayor y, por lo tanto, la disolución será menos colorida. O bien, entre

menos agua más concentrada y, por lo tanto, más colorida la disolución. Lo anterior es correcto, pero no es lo que se hizo; los alumnos lo único que realizaron fue la preparación de una disolución, independientemente de su concentración, que posteriormente fungiría como un tubo testigo de la coloración rosa del cloruro de cobalto disuelto en agua. Lo anterior pone de manifiesto una deficiencia general, en la mayoría de los casos, en temas y conceptos como son disoluciones, diluir, solubilidad, pureza y concentración.

Tabla No.4. Especies químicas en el Tubo A (tubo testigo, coloración rosa)

Especies químicas presentes en el Tubo A	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Dos, agua y cloruro de cobalto; es una mezcla	1
Hidrógeno, cloruro o cloro, cobalto y oxígeno	2
Dos, cloruro de cobalto y agua destilada	6
Dos, cloruro de cobalto y agua destilada y como se lleva una reacción también se tiene un producto ácido	1
Dos, un sólido y un líquido que se llaman disolución	1

En la Tabla No.4 se aprecia que la mayoría de los alumnos (10) concuerdan que el número de especies químicas presentes en la disolución contenida en el Tubo A son dos; cloruro de cobalto y agua.

En sus explicaciones, algunos estudiantes mencionaron que en el proceso de disolución se presenta una disociación del compuesto que se disolvió, en este caso cloruro de cobalto. Sin embargo, sólo uno de ellos relaciona correctamente que se forman iones (cationes de cobalto y aniones de cloro), lo cual es correcto dado que se está considerando un sólido iónico. Los otros alumnos consideran equivocadamente que en el proceso de disociación hay una descomposición de las especies participantes (cloruro de cobalto y agua) obteniéndose hidrógeno, oxígeno, cobalto y cloro. Lo cual nos permite pensar que para estos alumnos existe una confusión entre el proceso de disolución y de reacción química.

En ambas tablas (3 y 4) se aprecia que las ideas de los estudiantes fueron diversas con respecto al tema de disolución. Por consiguiente, se optó por ejemplificar sólo los casos más relevantes que aluden a la comprensión del equilibrio químico, por ser éste nuestro tópico de interés.

A partir del experimento realizado se encontró:

A) Deficiencias generales, en la mayoría de los casos, en temas y conceptos como son disoluciones, diluir, solubilidad, pureza y concentración.

El alumno 3 a pesar de reflexionar y modificar su respuesta explicando que no se modifica la concentración del cloruro de cobalto, se contradice al utilizar términos como el de diluir; concepto que se relaciona con la concentración de una disolución. Por lo tanto, no ha consolidado el concepto de disolución, dilución y concentración.

- *“... [el cloruro de cobalto] se disolvió, por lo tanto la concentración disminuyo...”*

El alumno reflexiona y modifica su idea:

- *“...es la misma concentración pero el agua hace que se vea como más diluido o menos diluido...”*

B) Confusión entre el proceso de disolución y de reacción química, empleando palabras o utilizando ejemplos que aluden un cambio químico.

El alumno 1 explica que en el proceso de disolución se presenta una disociación del compuesto que se disolvió; es decir, cloruro de cobalto. Mencionando que se forman iones (cationes de cobalto y aniones de cloro), lo cual es parcialmente correcto porque no necesariamente al disolver un sólido en agua se forman iones, ejemplo de ello es el azúcar. Como una segunda idea responde que una disolución es una mezcla homogénea, lo cual es correcto.

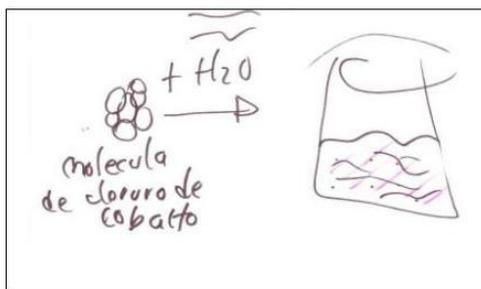
- *“...añadimos agua al cloruro de cobalto y asumiendo que las partículas se disociaron obtuvimos iones de cobalto... cationes... y aniones del cloro...”*

- “... es una mezcla entre el cloruro de cobalto y agua...”

El alumno 2 considera que en el proceso de disolución hay una descomposición de las especies participantes (cloruro de cobalto y agua) obteniéndose hidrógeno, oxígeno, cobalto y cloro. Emplea las palabras mezcla y disociar, en sus explicaciones, aunque la palabra disociar es un término que no comprende. Ya que en sus respuestas “atomiza” o “moleculariza” las especies químicas obtenidas; es decir, no comprende la idea de iones. Por lo anterior, la pertinencia de mostrar el dibujo elaborado, al término de la parte experimental, en donde se observa que el alumno no concreta la parte microscópica de la actividad, plasmando sólo lo que macroscópicamente ve.

- *[Al adicionar agua]... en la mezcla se disocian... bueno son tan pequeñas las partículas del cloruro de cobalto que no las alcanzamos a ver, pero siguen ahí presentes*
- *[El agua disocia]... los átomos del cloruro de cobalto*
- *[Las especies químicas presentes en el tubo A]... Tenemos hidrógeno... cloruro, cobalto y oxígeno.*

Figura No. 1¹. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.



¹ En el anexo 1 se muestran todas las figuras elaboradas por los estudiantes y, dado que sólo algunas de ellas se consideraron para el cuerpo del texto, aparecen con una numeración diferente.

C) Consideran el proceso de disolución como un cambio de estado.

El alumno 10 presenta grandes deficiencias en el tema de disolución, confundiendo dicho proceso con un cambio de estado (sólido a líquido); además de no comprender qué es lo que se está disociando.

- *[Al añadir agua] [El cloruro de cobalto]...Bajó su coloración y además cambió su estado... de sólido a líquido*
- *[Las especies químicas presentes en el tubo A]...cloro, cobalto, hidrógeno y oxígeno.*

D) Asociación del proceso de disolución con el tema de reacción química.

El estudiante 7 considera que en el proceso de disolución se presenta una reacción química y como producto final, de dicha reacción, se obtiene un ácido. Por consiguiente el alumno desconoce la diferencia entre una reacción, una mezcla y el proceso de disolver; ya que dichos términos los emplea para explicar el proceso de disolución. Además de involucrar el tema de ácidos y bases, el cual no se relaciona con las actividades realizadas.

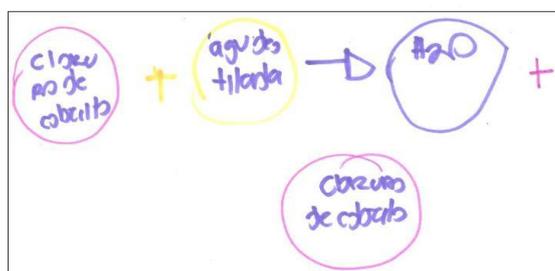
El alumno 9 atribuye el proceso de disolución a la composición química del agua, la cual tiene la capacidad de formar puentes de hidrógeno atrayendo electrones (en este caso del cloruro de cobalto) lo cual ocasiona que se pueda combinar con otras sustancias. A pesar de que su respuesta no es del todo correcta, es verdad que el proceso de disolución de sales tiene que ver con que el agua forme puentes de hidrógeno. El alumno trató de dar una explicación más submicroscópica, pero es evidente que aún no comprende del todo el fenómeno. Además, suponemos que cuando el alumno habla de “combinar” está haciendo referencia al cambio químico, por lo que desde nuestra perspectiva supone que el proceso de disolución es un cambio químico.

El alumno 10 manifiesta una marcada confusión entre lo que son los cambios químicos de los cambios físicos, pues explica que en una disolución ya no se encuentran las sustancias separadas y forman una sola sustancia, un

compuesto. Posteriormente menciona que se pueden emplear métodos de separación y que sin ningún problema se pueden obtener nuevamente las especies involucradas.

- “...el cloruro de cobalto se le adicionó el agua destilada... entonces quedaría agua destilada más cloruro de cobalto, pero ya...juntos, o sea... ya no son dos sustancias separadas en distintos recipientes, ya están en un sólo recipiente formando una sola sustancia, un compuesto... traté de dibujar que estaban... juntos, pero en el instante se me ocurrió añadirlo porque a pesar de que están juntos... o sea sigue existiendo el cobalto, siguen existiendo los hidrógenos, el oxígeno y el cloro. Si tú ocuparas algún método los podrías separar y no tendrías ningún problema... los podrías volver a encontrar...”

Figura No. 2. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.



La razón de presentar el dibujo, del alumno 10, es para mostrar la deficiencia que presenta en identificar y confundir un cambio físico (proceso de disolución) con un cambio químico, pues en su dibujo se aprecia que la disolución del cloruro de cobalto la esquematiza como una reacción química; además de apreciar la dificultad de realizar un dibujo que represente lo que sucede a nivel de partículas.

El alumno 12 explica el proceso de disolución como un proceso en donde se presenta una reacción química, obteniéndose en este caso un ácido y una base como productos; apreciando lo arraigado que se encuentra el tema de ácidos y bases, en algunos alumnos, y que mediante este tópico pueden

explicar, aunque no de manera correcta, mucha de las situaciones escolares o de la vida cotidiana.

El alumno 5 manifiesta varias ideas, que resultan interesantes resaltar como: *al tener un compuesto colorido la disolución que se obtendrá será colorida*, por eso maneja términos como el de “entintar”.

Por falta de vocabulario no puede explicar el fenómeno de solvatación y utiliza términos como: interacción, enlace, relación o formación de redes; este último término que emplea para explicar lo que sucede es totalmente cierto, porque en una disolución acuosa el soluto y el solvente interaccionan formando una especie de red, sin llegar a la formación de un enlace químico. Resalta que el proceso de disolución es un proceso que no se presenta por si solo y que para que exista debe de estar presente una fuerza (agitación).

Los incisos A, B, C y D, mostrados en esta primer parte de la investigación, son los aspectos más relevantes y significativos derivados del experimento 1. Considerados así, porque la deficiencia, confusión y no comprensión de lo que es el proceso de disolución y relacionarlo con el tema de reacción química, dificultan el entendimiento y conceptualización del equilibrio químico, ya que los alumnos no son capaces de identificar, caracterizar y diferenciar un cambio físico (disolución) de un cambio químico.

4.2 Experimento 2

Cloruro de cobalto (ac) + Disolución sobresaturada de cloruro de sodio (ac) = Tubo B

La intención de realizar esta actividad fue que los alumnos tuvieran una visión más amplia de los reactivos con los que se trabajaría. Esto con la finalidad de enriquecer sus posibles explicaciones sobre los experimentos que observarían y harían posteriormente.

De igual forma, la actividad nos permitió comenzar con la indagación de los conocimientos e ideas previas que tenían los alumnos con respecto al tema del equilibrio químico y continuar con el conocimiento de otros temas y conceptos

como son: disolución, reacción química, cambio físico, por mencionar sólo algunos.

Se esperaba que los estudiantes, al adicionar la disolución sobresaturada de cloruro de sodio a la disolución de cloruro de cobalto, contenida en un tubo de ensayo previamente identificado como Tubo B, observaran un cambio en la coloración rosa de la disolución a un color azul. Dicho cambio se atribuye a la presencia de los iones cloruro, provenientes de la disolución sobresaturada de cloruro de sodio, los cuales favorecen la formación del complejo colorido azul del cloruro de cobalto. Por lo tanto, en las respuestas de los estudiantes se pensaba que se obtendrían explicaciones que hicieran referencia a la presencia de una reacción química, por el cambio de color de la disolución sin, necesariamente, la especificidad de mencionar la formación de un ion complejo colorido. Pero sí la manifestación de la presencia de un cambio químico.

Para el cloruro de cobalto las disoluciones que se pueden obtener son:

- c) Rosa, por la formación del complejo $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ (ac)
- d) Azul, por la formación del complejo $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ (ac)

Los resultados obtenidos para este experimento se muestran en las Tablas 5, 6 y 7. Pero las iremos discutiendo de una por una y como en el experimento anterior se ejemplificarán sólo algunas de las respuestas de los alumnos.

Tabla No. 5. Ideas alumnos, disolución sobresaturada.

¿Qué es una disolución sobresaturada?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Es cuando el disolvente tiene demasiado soluto y ese soluto no se disuelve	1
Hay más partículas de sodio en comparación con las de cloruro	1
El soluto no se alcanza a disolver completamente en el agua	1
Es una especie de combinación entre dos sustancias, donde hay más en proporción de una con respecto a la otra	1
Una disolución que contiene más de un compuesto que del otro	1
El nivel de partículas disueltas es mayor con respecto al nivel de agua que se tiene	1
Una disolución que no pierde por completo su parte sólida, quedando dichas partes en contacto con el líquido	1
La cantidad de soluto es mayor a la cantidad de disolvente, hay más sal que agua	4

En la tabla No.5, a pesar de obtener diferentes respuestas ante el cuestionamiento planteado, se aprecia que la mayoría de los alumnos relacionan la sobresaturación con el concepto de cantidad de masa (es decir, una mayor o menor proporción de soluto presente en la mezcla), empleando palabras como más o mayor, exceptuando los alumnos 1 y 3 que establecen una relación con la solubilidad de los compuestos empleados.

Dicho de otra forma, en una disolución sobresaturada efectivamente hay más soluto de lo que puede solvatar un determinado disolvente, pero lo anterior depende de la solubilidad del compuesto en el disolvente empleado; es así que, si se utiliza un soluto con una solubilidad baja o totalmente insoluble en agua, bastará con adicionar una “pequeña” cantidad de él para obtener una disolución sobresaturada. Como es el caso del cloruro de sodio en agua, cuya solubilidad es de 35.5 g de NaCl en 100 mL de agua.

Sin embargo, vale la pena señalar que un alumno presenta una idea equivocada sobre la saturación, ya que para él, mientras más sólido disuelto haya está más saturado, sin hacer una especificación de la presencia de sólidos disueltos o de la turbidez de la disolución. Otro alumno, pone de

manifiesto sus confusiones con respecto a las proporciones de los elementos en las fórmulas químicas, ya que menciona que “más partículas de sodio que de cloro” en la disolución. De tal forma, la mayoría de los alumnos no han concretado los conceptos de disolución, disolver, solubilidad así como los diferentes tipos de disoluciones que se pueden tener.

En la Tabla No.6, para la pregunta planteada, todos los alumnos respondieron que no apreciaban un cambio en el tubo B. Por lo que se les solicitó que observaran nuevamente, con más cuidado, obteniéndose las ideas plasmadas en dicha tabla.

Se aprecia que cuatro de los estudiantes observan un cambio que está referido a la presencia del sólido no disuelto proveniente de la disolución sobresaturada de cloruro de cobalto. Solamente un estudiante menciona un incremento en la coloración y la posibilidad de la presencia de una reacción química.

Tabla No.6. Explicación alumnos, adición disolución sobresaturada de cloruro de sodio a la disolución de cloruro de cobalto (Tubo B).

¿Qué pasó al adicionar la disolución sobresaturada de cloruro de sodio en el Tubo B?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
No se observa ningún cambio, sólo un sedimento en el fondo del tubo, hay pequeñas partículas de cloruro de sodio, se ven las sales en la disolución, se separa el cloruro de sodio, no se disuelve	4
Se ve más oscuro el fondo del tubo	1
Hay un incremento en el volumen sin cambios en la coloración, sólo se enturbió	1
La parte superior tiene una mayor coloración (rosa) que en la parte inferior; el fondo se hizo transparente y arriba conservó su color	2
Hay más cantidad de sal y de agua	1
Tiene un tono más violeta, posiblemente haya una reacción	1
No hay cambios	1

Tabla No.7. Comparación tubo testigo (A) y Tubo B

Al comparar el Tubo B con el Tubo A ¿se observa?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
El Tubo B se ve más claro, tenue	7
El Tubo B se ve más oscuro, un poco más rosa	3
El Tubo B se ve turbio, opaco	2
El Tubo B cambia a una coloración violeta	1

La mayoría de los alumnos (siete) mencionan que hay una disminución en la tonalidad del Tubo B al compararlo con el Tubo A, el resultado es interesante porque hay tres alumnos que al hacer la misma comparación ven que el tubo B es más oscuro que el Tubo A. Una de las posibles respuestas que se encontró ante tal divergencia, es que los siete alumnos adicionaron un volumen mayor de disolución sobresaturada de cloruro de sodio, de tal forma el volumen total contenido en el Tubo B era mayor con respecto al de los otros tres alumnos que observaron un ligero oscurecimiento en la tonalidad rosa contenida en el tubo. Por consiguiente, al tener un mayor volumen de la disolución en lugar de verse más oscura se observó más clara.

Algunos ejemplos de las respuestas de los alumnos se presentan a continuación:

El alumno 5 define la disolución sobresaturada por partes, manifestando la dificultad de relacionar ambos términos y construir uno solo. Utiliza la palabra “combinación” para definir lo que es una disolución, pero no se sabe si dicha palabra hace referencia a una mezcla (que sería lo adecuado) o una reacción (falta de vocabulario científico).

El estudiante 12 relaciona el proceso de disolución con un cambio de estado, de sólido a líquido; es así que, en una disolución sobresaturada los sólidos no pierden la “propiedad” de ser sólidos aún estando en contacto con un líquido. El alumno carece de vocabulario científico, además de no comprender las diferencias entre un cambio físico y un proceso de disolución.

El alumno 3 utiliza la palabra “partículas”, término empleado generalmente para explicar cosas a nivel microscópico, para referirse al sólido no disuelto del cloruro de sodio; que es algo macroscópico. Hay confusión en el empleo de

palabras o conceptos relacionados con el nivel microscópico, para explicar hechos macroscópicos.

- *[No hay cambios en el Tubo B]... exceptuando nada más las pequeñas partículas de cloruro de sodio.*

Tres de los alumnos (2, 6 y 10) manifiestan que el cambio que se observa es en la coloración del Tubo B. El alumno 2 a diferencia de los otros dos alumnos (6 y 10) menciona que el fondo del tubo B se ve más oscuro, explicando que se debe a que se agregó una disolución sobresaturada, por lo que hay menos agua y por lo tanto se ve más oscuro. Estableciendo una relación entre el color que se tiene con el concepto de concentración; es decir, entre más concentrado se encuentra “algo”, se debe a que hay más de ese “algo” y por lo tanto si se trata de una disolución colorida, como es el caso, se verá con más color. No establece la relación entre el cambio de color con un posible cambio químico, que es lo que se está presentando.

Los cambios observados por los alumnos 5 y 7 se encuentran relacionados más con las acciones que se hicieron de forma inmediata, al decir que hay un incremento en el volumen (agua), hay más sal o que se enturbia la disolución, esto refleja que sus explicaciones no van más allá de mencionar lo que ven y no derivan de un proceso razonado.

Los aspectos a considerar en el experimento 2 fueron:

- A) Falta de interés, por parte de los estudiantes, frente a actividades poco vistosas o de difícil apreciación.
- B) A pesar de no relacionar la sobresaturación de la disolución con la solubilidad de la sustancia empleada (cloruro de sodio). Reconocen que en una disolución sobresaturada hay una mayor proporción de soluto con respecto a la del disolvente.
- C) Aunque el cambio de la coloración de la disolución de cloruro de cobalto, no fue tan notoria, los alumnos si pudieron apreciar un cambio, pero ninguno relacionó dicho cambio con la presencia de una reacción química, exceptuando

el alumno 8 el cual manifiesta la presencia de una posible reacción si especificar que está reaccionando.

D) Falta de vocabulario científico

E) Confusión entre disolución y cambio de estado (sólido a líquido)

Es así, que los alumnos siguen manifestando carencias en el lenguaje científico, en la distinción entre un cambio químico y uno físico. Lo cual dificulta la comprensión del equilibrio químico.

4.3 Experimento 3

Cloruro de cobalto (ac) + ácido clorhídrico concentrado (ac) = Tubo C (tubo testigo de la coloración azul)

Uno de los propósitos de realizar este experimento fue saber cómo los estudiantes interpretaban un cambio químico, macroscópicamente hablando (cambio de color de rosa a azul) y si sus posibles explicaciones las podían conducir hacia un nivel microscópico para continuar con el conocimiento, de sus ideas, sobre temas más específicos como son reacción química y equilibrio químico. Resaltando el interés de conocer cómo es que van estructurando el último tópico (equilibrio químico) contemplando exclusivamente la parte conceptual, es decir, saber que términos, palabras, conceptos y enunciados les permitían definir lo que es el equilibrio químico.

Para ello el experimento 3 estuvo conformado por las siguientes actividades:

- a) Adición de unas gotas de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto. Sin agitar el tubo.
- b) Cuestionamiento sobre qué pasaría si se agitará el Tubo C.
- c) Agitar el Tubo C, observación y explicación, por parte de los alumnos, de lo ocurrido.
- d) Cuestionamiento sobre qué pasaría si se adicionara más ácido.
- e) Adición de más ácido clorhídrico.
- f) Explicación, de los estudiantes, sobre los cambios de color observados.

Con este experimento se esperaba que los alumnos al observar un cambio de color, como consecuencia de la adición de ácido clorhídrico, manifestaran la presencia de un cambio químico y al tener como referente el experimento anterior (experimento 2) lograran establecer una relación con los cambios observados y poder explicar que el cambio de color se debía a la presencia de los iones cloruros que se encuentran tanto en el ácido clorhídrico como en el cloruro de sodio.

Los resultados de este experimento se presentan en las Tablas 8, 9, 10, 11, 12 y 13.

Tabla No.8. Explicación alumnos, adición gotas de ácido clorhídrico Tubo C (disolución de cloruro de cobalto). Sin agitación.

Adición de unas gotas de ácido clorhídrico a la disolución de cloruro de cobalto (Cambio de color)	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
El Tubo C cambia de color de rosa a azul	6
El Tubo C cambia de color de rosa a azul tipo morado	1
El Tubo C cambia a un color azul, pero como no se ha agitado se observan dos colores	2
Ocurre una reacción por el cambio de tonalidad, abajo se aprecia un color azul y arriba un rosa	1
Toma una coloración azul en el fondo y en la superficie hay una coloración rosa	1
El ácido clorhídrico cambia su color a azul, hay una reacción de neutralización	1

La Tabla No.8 muestra que los 12 alumnos observaron un cambio en la coloración, de la disolución de cloruro de cobalto, al adicionar unas gotas de ácido clorhídrico. Este cambio va de un color rosa a un azul. Sólo el alumno 2 observó una coloración entre morada y azul al inicio del experimento, posiblemente debido a la cantidad de gotas de ácido clorhídrico adicionadas.

Cuatro alumnos (3, 4, 7 y 8), además de notar el cambio de coloración, explícitamente señalan la presencia de dos coloraciones (rosa y azul). Los alumnos 7 y 8 son más específicos e indican que la coloración azul se encuentra en el fondo del Tubo C, mientras que en su superficie aún está presente la coloración rosa.

Sólo dos alumnos (7 y 11) en ésta primera actividad, relacionan el cambio de coloración con un posible cambio químico. Uno de ellos, incluso, menciona el tipo de reacción, neutralización. Lo que es lógico dado que el tema de ácidos y bases ya había sido estudiado por ellos.

Tabla No. 9. Ideas alumnos, agitación Tubo C.

¿Qué pasaría si se agita el Tubo C? (Después de la adición de unas gotas de ácido clorhídrico concentrado) (Cambios de color)	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
Uno de los dos colores predominará	1
Se tendrá un solo color uniforme (combinación de colores)	8
Que el color azul predomine	2
Que regrese a su color (rosa)	1
Cambie toda su coloración	1
Se va a diluir	2
Conservará su color original (rosa)	2

La Tabla No.9 muestra que ocho de los alumnos (la mayoría) piensan que al agitar el Tubo C se obtendrá un color uniforme. Al cuestionarlos sobre qué color se obtendría la mayoría explica que sería un color morado, café o uno intermedio entre el rosa y el azul. Percatándonos que el posible cambio de color lo atribuyen a una mezcla o combinación de colores y no a la presencia de una reacción química.

De los ejemplos anteriores, se aprecian dos situaciones principales:

- a) Deficiencia y confusión al identificar una reacción química como consecuencia de un cambio en la coloración (Identificación macroscópica).
- b) Al no tener consolidado el conocimiento sobre los cambios químicos y físicos, la carencia en su vocabulario científico es notoria, por lo que palabras como mezclar y combinar son utilizadas frecuentemente en sus explicaciones como sinónimos.

La idea “*uno de los dos colores predominará*” fue obtenida del alumno 1, quien manifiesta dos ideas principales en sus respuestas. La primera, en donde el color rosa permanecería, el posible cambio de color lo atribuye a una relación masa-volumen; es decir, al tener un mayor volumen de la disolución de cloruro

de cobalto y haber adicionado una cantidad pequeña de ácido clorhídrico (gotas), su explicación se queda en que como hay *“más color rosa, podría quedarse en dicha coloración”*. La segunda, donde el color azul podría predominar, resalta las características que pueden tener los ácidos, como es su “fuerza”, pero el concepto de fuerza no lo relaciona con la capacidad de ionización del ácido, aunque menciona la palabra pH, más bien la fuerza la está interpretando como una característica física en donde lo *“más fuerte predomina sobre lo débil”* y por lo tanto, en este caso, el color azul predominaría sobre el rosa. Se presenta nuevamente la relación con el tema de ácidos y bases con una deficiencia en el empleo de conceptos ya señalada.

Lo anterior muestra un empleo inadecuado en el uso de conceptos químicos, al ocupar palabras aplicables en la vida cotidiana, como es el caso de fuerza, y relacionarlas con términos químicos como “la fuerza de un ácido” cuya connotación o significado es totalmente diferente a la fuerza física, que el alumno señala en su respuesta.

Frases dichas por los alumnos para la Tabla 9.

Alumno 7

- *[Al agregar ácido al Tubo C] Esta ocurriendo una reacción... [esto lo sabemos] Por el cambio que esta presentando... de tono, de coloración, de tonalidad*

Alumno 11

- *[Al adicionar ácido]...supongo hubo una... neutralización... Del ácido con la base...no, del ácido... con la sal*
- *...si hubo reacción, pero como que me cuesta un poco de trabajo distinguir el tipo de reacción*

Alumno 9

- *[Si se agita el Tubo C]...se va a volver todo azul o morado... porque si combinamos azul con rojo o rosa se vuelve morado*

Alumno 1

• *[Si se agita, el Tubo C] Yo creo que uno de los dos [colores] sería el predominante... [...] Pero puede ser que al azul tenga una propiedad química más fuerte que el rosa... tal vez sea más ácido o más fuerte su pH [lo que ocasionaría] que el cambio de color se inclinara hacia el azul.*

Alumno 8

• *[Si se agita el Tubo C] Cambiaría completamente la coloración [a] A azul... porque se estaría... diluyendo completamente el ácido clorhídrico... con la disolución [de] cloruro de cobalto con agua.*

Tabla No.10. Explicación alumnos, cambios de color Tubo C.

Cambios de coloración, después de haber agitado el Tubo C	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
Se obtiene un color uniforme, un rosa más oscuro	3
Se obtiene un color morado	3
Volvió o regreso a su color anterior (rosa)	6

La tabla No.10 muestra que tres alumnos (1, 2 y 4) mencionan que el cambio de tonalidad visto es la obtención de un color rosa más oscuro. Explicando que lo anterior se debe a que la disolución de cloruro de cobalto se encuentra en mayor volumen y que es el resultado de una combinación o mezcla de colores entre el rosa y el azul. No atribuyen este primer cambio a una reacción química.

Los alumnos que observaron la presencia de una coloración morada (3, 6 y 11) no explicaron el porqué de dicha coloración, simplemente mencionaron el cambio visto. La mayoría de los alumnos (seis) manejan términos como volver y regresar para explicar el fenómeno sucedido, referente al cambio de coloración.

Por ejemplo, el alumno 5 menciona que hay una absorción del color azul (muestra deficiencia en el conocimiento y empleo de conceptos relacionados con la química); rectifica su idea y explica que más que absorberse el color regresó a un rosa-púrpura (que fue el color que originalmente vio de la

disolución de cloruro de cobalto). A pesar de que utiliza la palabra “regresar”, que podría ser un indicio de una posible relación con la parte conceptual del equilibrio químico, al emplear la palabra absorber y referir el regreso a un proceso de coloración, pone de manifiesto que sólo expresa lo que macroscópicamente ve y no puede relacionarlo con la parte microscópica que haría énfasis a las reacciones incompletas y reversibles.

Otro ejemplo sería lo expresado por el alumno 7, quien utiliza la palabra “volver” para explicar el fenómeno observado, en términos macroscópicos sin relación alguna con la parte submicroscópica y por lo tanto, con la posible conceptualización del equilibrio químico.

Refiere la presencia de un fenómeno físico que es la evaporación, diciendo que el color azul se evaporó y por eso es que se “vuelve” al color que se tenía con anterioridad (rosa). Lo anterior, además de corroborar que las respuestas se encuentran enfocadas a sólo lo que ve (nivel macroscópico), demuestra la deficiencia para entender y explicar lo que es un cambio físico de uno químico.

Finalmente, vale la pena mencionar que el alumno 8 utiliza la palabra “regresar” para explicar lo observado y es el único que establece una relación entre lo visto con una posible reacción química; aunque no se encuentra muy seguro de la presencia de un cambio químico, fundamenta su respuesta al recurrir a ejemplos abordados en clase (alka seltzer) y explicar lo que es “superficie de contacto” y considerar los cambios de coloración (concepto y característica involucrados en una reacción química). A pesar de lo anterior, el alumno, no establece una relación con el tema y parte conceptual del equilibrio químico. Aborda sólo el tema de reacción química.

Ejemplos de frases de alumnos para Tabla 10

Alumno 8

- *[Al agitar el Tubo C] Regresó a su tono original [porque] lo que yo pienso es que... debe de haber una reacción química... bueno no una reacción química,*

la superficie de contacto debe de alterar algo, posiblemente la forma de adicionarla... cuando cae gota a gota...

- *[En el Tubo C hay una reacción]... Porque al inicio era un tono azul [y al agitar regresó al rosa].*

El alumno 12 muestra una gran confusión entre lo que es un cambio físico de uno químico; primero atribuye la coloración azul al ácido clorhídrico por si sólo, pero también considera la presencia de una reacción química. Emplea el término de equilibrio en sus explicaciones, pero este concepto se encuentra más relacionado con un equilibrio físico, ya que en sus respuestas alude a situaciones en donde se adiciona “algo” y no se observan cambios visibles; es decir, no pasa nada. Por lo anterior sus explicaciones se encuentran encausadas a describir un equilibrio físico y estático y no considera un equilibrio químico y dinámico. Además presenta deficiencia en caracterizar lo que es una reacción o cambio químico.

- *[Equilibrio] El equilibrio es como que... en cualquier proceso, en cualquier reacción el número de reactivos en sus propiedades... no sé... de volumen... de... tal vez de coloración, de sabor. Cuando reaccionan van a seguir teniendo ese mismo volumen con esas mismas propiedades... ese mismo... todo igual, simplemente otra estructura, pero con las mismas propiedades, por así llamarlo.*

- *[Se tiene otra estructura con las mismas propiedades]...si reacciona, porque se pueden involucrar cambios químicos, pero tal vez... no visibles*

En la Tabla 11 se aprecia que los alumnos 1, 2, 3, 5, 6 y 7 explicaron que el color de la disolución cambiaría a un color más fuerte (rosa, morado o azul), enfocándose en la “concentración” del ácido clorhídrico añadido; es decir, el cambio de coloración se deberá a un incremento en la concentración del ácido clorhídrico en la disolución. Estableciendo una relación entre la “concentración” del ácido clorhídrico añadido y el incremento en la tonalidad o color de la disolución. Dicha relación es lógica, pues si al adicionar unas gotas de ácido y agitar observaron un incremento en el color o la tonalidad de la disolución, al agregar más ácido el color de la disolución también debe de incrementarse.

Pero no es la adecuada porque no consideran, ni asocian la presencia de una reacción química. Todos ellos presentan dificultades para caracterizar y reconocer un cambio químico.

Tabla No. 11. Ideas alumnos, efecto de adicionar más ácido clorhídrico al Tubo C.

Si se adicionará más ácido clorhídrico ¿Qué pasaría?	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
La disolución de cloruro de cobalto cambiará a un color más oscuro (morado o azul)	6
El color rosa de la disolución se hará más fuerte	1
Aparecerá un círculo cromático de disoluciones	1
Se tendrán dos coloraciones al principio (azul y rosa) y después regresará a su color inicial (rosa)	4
Habrá un cambio en la coloración o se presentará la presencia de un gas	1
La disolución de cloruro de cobalto se hará más clara	1

Un caso curioso es lo que el alumno 5 expresa ya que menciona la posible presencia de “algo” parecido a un círculo cromático en disoluciones. Trata de explicar que la coloración del Tubo C se irá oscureciendo paulatinamente, por lo que se podrán observar diferentes tonos o colores en la disolución. El alumno establece una relación con temas posiblemente vistos en otras asignaturas como Dibujo (círculo cromático de colores) tratando de hacer una analogía con lo que está viendo, pero carece de elementos como vocabulario y conocimientos científicos para poder fundamentar su analogía.

Los alumnos 7, 8, 9 y 12 hacen referencia a que se presentarán nuevamente dos coloraciones (azul y rosa) y posteriormente al agitar se volverá a la coloración inicial (rosa). A partir de sus explicaciones, se observó que éstas se encuentran enfocadas en la experiencia previa vista en esa misma sesión y no a un proceso de razonamiento, por lo que no hay una relación con los conceptos de reacción y equilibrio químico.

El alumno 10 manifiesta la dificultad que presentan muchos estudiantes al tratar de explicar un fenómeno, relacionando cosas macroscópicas con el nivel submicroscópico. Al inicio de su respuesta, el alumno da una explicación no razonada; es decir, responde sólo por responder, sin considerar lo que ha visto

y realizado. Cuando es cuestionado nuevamente, y razona un poco, el posible cambio de coloración lo atribuye a la cantidad de ácido clorhídrico adicionado, aunque él lo maneja utilizando el término de concentración.

En su respuesta, el alumno 10, involucra experiencias personales, al inferir que el posible cambio de color se deba al efecto del “cloro”, pues ha observado que cuando a la ropa le cae “cloro” cambia de coloración, lo anterior demuestra deficiencias de nomenclatura y conocimiento de algunas características de compuestos químicos. Ya que el cloro es un elemento gaseoso de color verde altamente tóxico y lo que la alumna reconoce como “cloro” es en realidad hipoclorito, el cual se emplea como blanqueador de uso doméstico.

Sólo el alumno 11 responde que posiblemente la disolución de cloruro de cobalto disminuya su coloración al adicionar más ácido clorhídrico. Establece una fuerte relación con el tema de ácidos y bases (tema que no es contemplado en el presente trabajo de investigación), explicando que la disminución de la coloración se deberá a un proceso de dilución (*se adiciona más ácido pero los solutos disueltos permanecen constantes*) y al incremento en la acidez de la disolución, es decir al adicionar más ácido clorhídrico, se tendrá un pH más ácido.

En general, las explicaciones proporcionadas por los estudiantes hacen referencia a sucesos macroscópicos, como un cambio en la coloración o la presencia de un gas, algunos de ellos son características de un cambio químico, pero ninguno de los estudiantes lo explicita de forma clara por lo que se puede considerar que submicroscópicamente no tienen fundamentadas las diferencias entre lo que es un cambio químico y uno físico.

Es necesario mencionar que, generalmente en las prácticas de laboratorio de la ENP, cuando se aborda el tema de ácidos y bases uno de los indicadores de pH más utilizado es el indicador universal cuyo rango de colores van desde el rojo hasta el azul, pasando por el anaranjado, amarillo y verde. De tal forma, entre más ácida es una disolución, al agregar indicador universal, se obtendrá una coloración roja. Por lo que se cree que el alumno 11 al haber establecido

una relación con el tema de ácidos y bases, involucrando el concepto de pH, espera una coloración roja porque se está adicionando ácido, pero al existir un incremento en el volumen se presentará, además, una dilución y por consiguiente la coloración de la disolución será menor.

Ejemplos de frases de alumnos para tabla 11

Alumno 2

- *[Si se adiciona más ácido]... cambiará más la coloración, es un morado más fuerte... porque...si agregamos un poco de ácido clorhídrico y cambió, pues si agregamos más ácido clorhídrico yo supongo que cambiará más, se hará más oscuro.*

Alumno 11

- *[Si se adiciona más ácido clorhídrico]... bueno tiene que ver aquí el pH... entonces me imagino que estamos haciendo la disolución más ácida... Al irle agregando el ácido clorhídrico*
- *[Si se adiciona más ácido clorhídrico]... bueno se va haciendo más claro [El Tubo C] debido a que... estamos aumentando... bueno estamos aumentando la concentración, pero del ácido clorhídrico... los solutos disueltos pues son mínimos entonces... estamos diluyendo más.*

Tabla No.12. Explicación alumnos, coloración Tubo C (tubo testigo de la coloración azul).

Al adicionar más ácido clorhídrico el Tubo C adquiere una coloración azul, lo anterior se puede explicar ¿por qué?	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
Efecto del ácido clorhídrico	12

En este caso, todos los alumnos concuerdan que el cambio de coloración (de rosa a azul) de la disolución de cloruro de cobalto, se debe al ácido clorhídrico añadido. Las diferencias encontradas radican en las explicaciones sobre el efecto que tiene el ácido en la disolución de cloruro de cobalto.

Cuatro alumnos (3, 9, 10 y 11) manifestaron que la coloración azul, del Tubo C, se debe a un incremento en la “concentración” del ácido clorhídrico añadido (término mal aplicado pues la concentración del ácido cambia, pero en lugar de aumentar disminuye porque se está adicionando a una disolución; lo que se presenta es un incremento en el volumen adicionado en el Tubo C).

Como se mencionó, todos los alumnos atribuyeron los cambios de coloración, vistos hasta el momento, a algún posible efecto ocasionado por la adición del ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto. Este efecto, ocasionado por el ácido, varía en la respuesta de cada uno de los alumnos. De tal forma la Tabla No. 13 complementa la información obtenida hasta el momento (Tabla No.12) y por esa razón algunas explicaciones de los alumnos participantes fueron consideradas en el siguiente apartado y no en éste.

Ejemplos de frases de alumnos para Tabla 12.

El alumno 9 relaciona el cambio de color con temas como concentración y saturación. De tal forma que, entre más ácido clorhídrico se adicione la coloración azul será mayor y por lo tanto el color rosa desaparecerá. Lo anterior permite apreciar deficiencias en el vocabulario científico, al emplear el alumno términos como desaparecer.

- *[Al adicionar más ácido el Tubo C] Se volvió azul... Azul-morado [por]...la saturación de la disolución [con]...ácido clorhídrico*
- *[El color rosa]...pues desapareció, porque como ya lo saturamos...Con el ácido clorhídrico*

El alumno 10 además de relacionar el cambio de color con un incremento en la “concentración” de ácido clorhídrico adicionado, en lugar de emplear términos como cantidad o volumen, hace referencia a un nivel microscópico poniendo en evidencia el no saber qué es lo que se puede explicar en dicho nivel, pues considera que la concentración es un parámetro observable a nivel microscópico. Presenta una gran confusión con el tema de reacción química, ya que en una de sus respuestas explica que el cambio de color se debe a que

el compuesto esta cambiando (cloruro de cobalto) pero después menciona que tanto el cloruro de cobalto como el ácido clorhídrico “no dejan de ser”, sólo se encuentran en diferentes concentraciones.

- *[Cuando cambia la coloración]... esta cambiando el compuesto en sí, es una forma de notarlo... si, si tenemos [cloruro de cobalto]... nada más que en si el compuesto si lo pudiéramos observar a tamaño microscópico, veríamos que hay mayor concentración de...ácido clorhídrico que el cloruro de cobalto, entonces no deja de ser cloruro de cobalto ni ácido clorhídrico nada más que en concentración ya no están iguales y cada vez el porcentaje es mayor de... ácido clorhídrico que de cloruro de cobalto.*

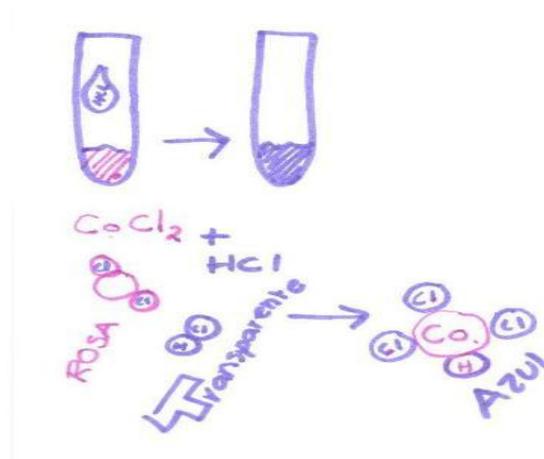
En la Tabla No. 13 se aprecia que la mayoría de los alumnos (9) asocian los cambios de coloración a la presencia de una reacción química, a pesar de que en los cuestionamientos anteriores no hablan de ello. Sin embargo, se vuelven a encontrar ideas que asocian el cambio de color con una mezcla, una combinación de colores o una disociación de partículas.

Tabla No. 13. Explicación alumnos, cambios de coloración Tubo C.

Los cambios de coloración en el Tubo C se atribuyen	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
A una reacción química	9
A una disociación de partículas	1
A una mezcla	1
A una combinación de colores	1

El alumno 3 identifica macroscópicamente la presencia de una reacción química, entre el ácido clorhídrico y el cloruro de cobalto. Sabe que hay una reacción porque ninguno de los dos compuestos originales tienen un color azul, por lo cual “*tienen que reaccionar para adquirir esa coloración*”. El color rosa lo atribuye a la presencia de dos cloruros y cobalto en el centro (estructuralmente, ver dibujo). El color azul se debe a la presencia de un cobalto en el centro y alrededor tiene los tres cloruros y un hidrógeno (es el producto de la reacción).

Figura 3. Dibujo alumno 3 (Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto).



A pesar de que las estructuras moleculares dibujadas, por el estudiante, no corresponden a lo que es el cloruro de cobalto en disolución y al ion complejo formado por la adición del ácido clorhídrico, tiene una idea de un posible arreglo estructural y del producto que se puede obtener de la reacción mencionada.

Ejemplos de frases de alumnos para Tabla 13.

El alumno 1 atribuye el cambio de color (rosa a azul) al ácido clorhídrico y lo que sucede químicamente. En un principio menciona que hay una reacción química entre el cloruro de cobalto y el ácido clorhídrico, lo cual se sabe por el cambio de coloración. Asume que también se presenta una disociación del ácido clorhídrico con la consecuente formación de iones dentro de la disolución. Lo anterior lo hace reflexionar y modifica su respuesta explicando que no se lleva a cabo una reacción sólo hay una disociación de partículas. Lo que demuestra que el alumno no se siente seguro de lo que sabe y por tanto prefiere regresarse a la idea de la disociación. Algunas de sus respuestas fueron:

- *[Se sabe que hay una reacción por qué]...porque hay un cambio... bueno a nivel macro y nosotros observamos un cambio de color [aunque no siempre un*

cambio de color indica que hay una reacción] Ahorita quiero suponer que si hubo una reacción

- ...*asumo que el ácido clorhídrico también se disoció formando iones dentro de la solución, en este caso agua... agua con el cloruro de cobalto también, esos eran los iones*

El alumno reflexiona y modifica su idea:

- *Creo que nada [no hubo reacción], más bien, nada más se disociaron... las partículas.*

El alumno 2 primero explica que hay una saturación de la disolución de cloruro de cobalto con ácido clorhídrico, lo que ocasionó un cambio de coloración hasta llegar a un color azul. Posteriormente menciona que hay una reacción química (lo sabe por el cambio de color), en donde el alumno disocia las moléculas del ácido clorhídrico y de cloruro de cobalto explicando que esta disociación permite que se combine el cloruro de cobalto con el hidrógeno (proveniente de la disociación del ácido clorhídrico) quedando libres átomos de cobalto y cloruro. De tal forma, al cuestionarlo sobre las especie químicas contenidas en el Tubo C él responde que están presentes cloruro de cobalto y cloruro de hidrógeno, al hacerle la misma pregunta, pero utilizando la palabra “productos” en lugar de especies químicas, él menciona que los productos de la reacción son hidrógeno con cloruro y cobalto con hidrógeno. Lo anterior hace notar deficiencias en lo que es reacción química, en vocabulario científico y nomenclatura. Aunque conoce que macroscópicamente se puede dar cuenta de la presencia de una reacción química por un cambio de color, la presencia de un gas o cambios en la temperatura.

El alumno 4 menciona que la disolución cambió de color (rosa a azul) al adicionar ácido clorhídrico, este cambio lo relaciona con las propiedades de las sustancias participantes, específicamente a la del ácido que es una sustancia fuerte o un ácido fuerte, atribuyéndole al cloruro de cobalto la característica o propiedad de ser una base o un ácido débil. De tal forma, los cambios de coloración se pueden deber a la acción de los iones hidrógeno proporcionados por el ácido clorhídrico a la “nueva sustancia” que era el cloruro de cobalto más agua. Es así que menciona que, en el Tubo C, hay tres especies químicas

presentes: cloruro de cobalto, ácido clorhídrico y agua. Por lo tanto, el color azul se debe a la combinación del ácido clorhídrico con el agua y el cloruro de cobalto, lo cual ocasiona la formación de una “nueva sustancia” de un color diferente. El alumno relaciona los cambios de color con el tema de ácidos y bases. Conoce y aplica de forma correcta el concepto de ácido, en este caso el concepto de ácido según Bronsted y Lowry. Desafortunadamente no menciona de forma clara que se presenta una reacción química, pero por sus explicaciones podemos asumir que piensa que hay un posible cambio químico.

- *[De forma general se observó] Bueno que se volvió de rosa cambió a azul cuando le echamos el ácido clorhídrico [el cambio se lo atribuye] A las propiedades de las sustancias [estas propiedades pueden ser]...no sé, que... el ácido, bueno... es una sustancia fuerte (más adelante especifica a que se refiere con ácido fuerte) entonces como que... le ganó ahora sí al color, aparte era más ácido, bueno siento que al final ya fue más ácido que la sustancia anterior*
- *[Si se tiene un ácido fuerte, la otra sustancia es]...una base... ó también otro ácido pero débil*
- *[Los cambios de coloración en el Tubo C, se pueden atribuir] Puede ser a los iones hidrógeno [proporcionados por]... El ácido clorhídrico [estos iones hidrógeno se los está proporcionando a]... A la nueva sustancia que era el cloruro de cobalto más el agua*

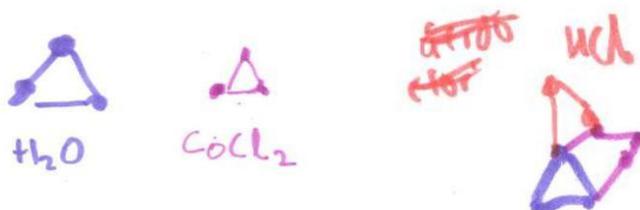
El alumno 5 menciona que en el Tubo C hubo una mezcla entre el ácido clorhídrico, el agua y el cloruro de cobalto que ocasionó un cambio en la coloración. El cambio de color es causado por la adición del ácido clorhídrico a la disolución de cloruro de cobalto, que se encuentra formando una red (cloruro de cobalto y agua) y es en donde entra el ácido clorhídrico ocasionando cuatro posibles situaciones:

- La primera es que la molécula de ácido clorhídrico se une a la red de cloruro de cobalto y agua.
- La segunda es que el ácido clorhídrico disuelva u ocasione algún cambio en la molécula de cloruro de cobalto para dar la coloración azul.

- La tercera es que al unirse la molécula del ácido clorhídrico con el agua y el cloruro de cobalto provoque un cambio en toda la red anterior y,
- La última es que al entrar en contacto la molécula del ácido clorhídrico con las otras dos hay una especie de intercambio de energía lo que ocasiona el cambio de color de la mezcla.

A pesar de que el alumno utiliza términos como interacciones entre moléculas, posibles uniones, cambios de energía, etc. De forma textual no menciona la presencia de un cambio químico y se limita a responder que los cambios de coloración son el resultado de una *mezcla entre las especies químicas* presentes. Por lo anterior, no se puede asumir que el alumno piense en una reacción como tal, aunque sus explicaciones se encuentren enfocadas a un cambio químico. Pero si pone de manifiesto, una vez más, la carencia para diferenciar un cambio químico de uno físico y la pobreza en un vocabulario científico para poder expresar sus ideas de forma adecuada.

Figura 4. Dibujo alumno 5 (Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto).



El alumno 10 relaciona los cambios de color con una reacción de óxido-reducción en donde el cloruro de cobalto es el compuesto que se oxida, él sugiere que éste se ve afectado por el hidrógeno presente en el ácido clorhídrico. Es evidente que, al igual que en los casos anteriores donde los alumnos utilizaban ideas de lo que aprendieron de los ácidos y las bases, en este caso utiliza ideas relacionadas con lo que entendió sobre procesos redox, donde en algunos casos, hay evidencias del proceso porque se observan cambios de color. Sin embargo, al mismo tiempo menciona que la presencia de dos coloraciones, simultáneamente, en el mismo tubo las atribuye a que en la parte inferior se mezclaron bien los componentes y en la parte superior la

mezcla no sucedió; entendiendo como mezclar a la reacción química (que relaciona un compuesto con respecto a otro para formar uno nuevo). Más adelante dice que en este caso la formación de un nuevo compuesto se debe a la adición de ácido clorhídrico al cloruro de cobalto y que la tonalidad azul se debe a la combinación de ácido clorhídrico con cloruro de cobalto y la tonalidad rosa se debe solamente al cloruro de cobalto. Es decir, reconoce que existe un proceso químico, aunque no sabe identificarlo, pero utiliza el término combinar como sinónimo de cambio químico. Algunos ejemplos de respuestas son:

- *Hubo una oxidación [se oxidó] El cloruro de cobalto... como le adicionamos ácido, se pudo haber afectado por el hidrógeno... tiene valencias positivas... pudo ir aumentando el número de oxidación y puede ser que haya llegado a la tonalidad de azul y se queda en esa tonalidad porque ya no se puede oxidar más, o sea ya no tiene más electrones libres*

El alumno 11 atribuye el color azul al cambio de pH de la “base”, relacionando los cambios de color con el tema de indicadores ácido-base y dotando la característica de base al cloruro de cobalto. Reflexiona y menciona que generalmente los ácidos dan una coloración roja, pero en este caso al adicionar ácido se obtiene una coloración azul porque el proceso es inverso; es decir, si una neutralización entre un ácido y una base da una sal, en esta situación al tener una sal y adicionar un ácido de alguna forma se “desneutraliza” la sal. Por lo tanto, en este estudiante se aprecia una fuerte relación, de los cambios de coloración, con el tema de ácidos y bases y por eso es que sus explicaciones se encuentran enfocadas en dicho tema. Así mismo, utiliza el término “desneutralizar” refiriéndose al proceso inverso de una neutralización, en donde se tendría una sal y un ácido obteniendo como producto una base que es de color azul.

Por otro lado, el cambio de color de rosa a azul lo atribuye a la concentración y pH del cloruro de cobalto que es de 7 para arriba, es más básico. La presencia de dos coloraciones simultáneamente en el mismo tubo se debe a la densidad de las sustancias, pero más bien es al pH. También comenta que el color azul se debe a un pH básico y es el resultado del producto que se obtiene del ácido

clorhídrico con cloruro de cobalto. El color rosado se debe a un pH más ácido. Menciona la presencia de una reacción química, aunque todas sus explicaciones van enfocadas al tema de ácidos y bases, lo que ocasiona una gran confusión en el alumno porque los colores vistos y obtenidos en la actividad no coinciden con sus experiencias pasadas.

●...*la neutralización de los ácidos y las bases nos da una sal [...] entonces al agregar el ácido de alguna manera estamos desneutralizando... la sal.*

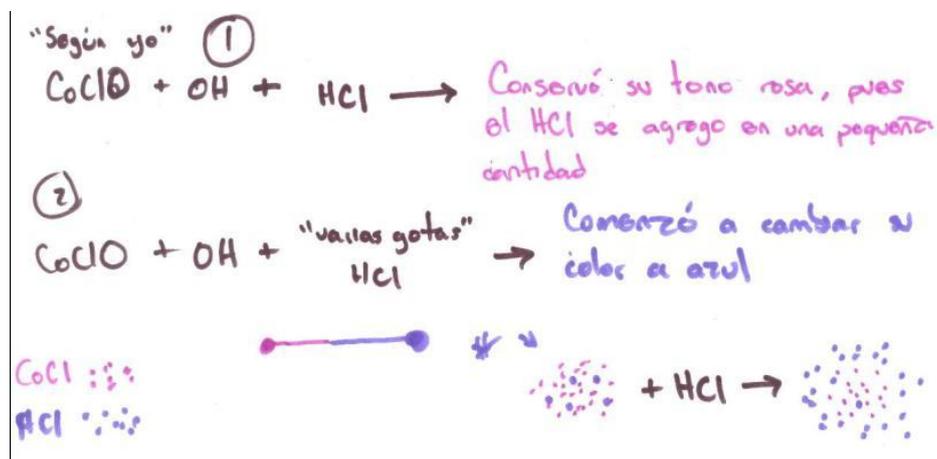
El alumno 12 explica que en la parte rosa predominan la disolución de ácido clorhídrico y agua destilada y en la parte azul predomina la conjunción [de las mismas] (Visualiza la reacción química como una disolución o conjunción de las especies participantes, pero no como un fenómeno químico). Por otro lado sugiera que las especies están reaccionando de alguna manera (la gran cantidad de ácido clorhídrico con la pequeña cantidad de la disolución de cloruro de cobalto) y argumenta que visiblemente se ven los cambios, pero químicamente no tiene una explicación. También comenta que un posible producto de la reacción sea un ácido no muy concentrado, porque si fuera un ácido muy concentrado sería incoloro como el ácido clorhídrico utilizado es decir, atribuye características químicas de ácidos y bases a los compuestos con los que trabajó y sus explicaciones se encuentran enfocadas a lo que puede ver. Así mismo, comenta que en el Tubo C hay una reacción en donde se obtiene un producto ácido o algo salino o acuoso, porque un ácido y una base dan sal y agua. Esta explicación está basada en experiencias previas relacionadas con el tema de ácidos y bases.

En cuanto a la presencia de dos coloraciones simultáneas en un mismo tubo el alumno comenta que se debe a la velocidad de reacción; argumentando que al inicio como apenas *se efectuaba la reacción se percibían dos colores, pero al agitar se “acelera” la reacción y se neutraliza o se equilibra.* Es decir está relacionado con el tema ácidos y bases y con un equilibrio físico en donde no pasa nada. Sin embargo, es claro que tiene nociones de rapidez de reacción, es decir sabe que es posible hacer que las reacciones vayan más rápidas o lentas.

Cuando se le pregunta qué pasó en el Tubo C dice que al paso del tiempo se ve una sola coloración porque se acaba la reacción, lo que nos permite confirmar que el alumno asimila al equilibrio como una situación en donde no hay cambios y no pasa nada y sus explicaciones van más enfocadas al equilibrio físico y no químico, porque da por terminada la reacción química involucrada. Por otra parte comenta que el color rosa se debe al cloruro de cobalto y el azul al ácido clorhídrico. El producto es de color azul, pero no tan intenso como en el ácido y ni tan rosa como en el cloruro de cobalto, es un producto intermedio entre los reactivos; el color azul lo sigue atribuyendo al ácido clorhídrico por sí sólo, posiblemente esto se deba a que al adicionar el ácido y dejarlo resbalar por el tubo de ensayo comenzó a reaccionar con las gotas de cloruro de cobalto adheridas a dicho tubo.

- *[Los cambios de coloración de rosa a azul se deben]...pues yo involucraría... “acidez” y basicidad pero... de hecho se supone que mientras más rojo más ácido... entonces... no creo que sea eso*
- *[Si en el Tubo C hay una reacción se obtiene] ácido más base... con ácido... mmm... Un ácido no muy concentrado*
- *[La presencia de dos coloraciones en un mismo tubo se debe] Pues tal vez, por la velocidad de la reacción, a penas se esta dando [...] pues como lo agitamos y lo aceleramos pues ya se neutralizó... Bueno o sea... se equilibró [...] yo creo que... conforme se iba dando este cambio, [...] pero como lo aceleramos, pues ya se puso completamente de un tono.*
- *[El equilibrio se refiere] A que reaccionó y se obtuvieron productos... Y sin cambios mas allá... de que... abundó o se disolvió o se evaporó, o sea se mantuvo ahí nuestro mismo volumen... nuestros mismos reactivos*
- *[Se ve una sola coloración en el Tubo C] Porque... ya se acabó la reacción...*

Figura 5. Dibujo alumno 12 (Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto).



4.4 Experimento 4

Cloruro de cobalto (ac) + ácido clorhídrico concentrado (ac) = Tubo D

La actividad estaba enfocada en continuar conociendo las ideas de los alumnos sobre los fenómenos y situaciones que se presentaban, concretamente en conocer las explicaciones sobre el equilibrio químico y entrever la parte conceptual, de los alumnos participantes, con respecto al tópico de investigación.

Se esperaba que los alumnos al realizar la dinámica de adicionar agua destilada, seguida de la adición de ácido clorhídrico para terminar nuevamente con la adición de agua destilada, todo en el mismo tubo (Tubo D), tuvieran los conocimientos necesarios para explicar y manifestar en sus respuestas la presencia de una reacción química reversible, a partir de los cambios de color que observaban. Ya que al adicionar agua destilada al Tubo D cuya coloración de la disolución contenida era azul, favorecerían la formación del ion complejo de color rosa del cloruro de cobalto por tener un exceso de moléculas de agua y al adicionar nuevamente ácido clorhídrico favorecerían la formación del ion complejo de color azul del cloruro de cobalto, nuevamente, por tener un exceso de iones cloruro provenientes del ácido agregado.

De tal manera, si los alumnos lograban identificar la presencia de una reacción reversible, conceptos como reacciones incompletas, equilibrio y posiblemente la palabra dinámico estarían presentes en sus explicaciones.

Lo cual de forma general no fue así; a pesar de que en sus explicaciones, la mayoría de los alumnos, emplearon la palabra regresar o algún sinónimo de ella. El regreso lo asociaron sólo a lo que macroscópicamente ven; es decir, a un regreso en la coloración, pero no a reacciones reversibles.

A partir de los cambios de color los alumnos identificaron la presencia de una reacción química, asociando dicha reacción, la mayoría de ellos, con el tema de ácidos y bases o con el de oxido reducción.

Los resultados obtenidos en este experimento se muestran en las tablas 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,24 y 25.

Tabla No. 14. Ideas alumnos, adición agua destilada al Tubo D (tubo con una disolución de color azul).

¿Qué pasa? Si se adiciona agua destilada al Tubo D	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
La tonalidad azul (de la disolución) disminuirá	8
Regresa (la disolución) a una coloración rosa o violeta	4
Se incrementará el volumen de la disolución	1

En la Tabla No.14 se aprecia que ocho de los alumnos (1, 2, 3, 6, 7, 9, 10 y 11) respondieron que al adicionar agua destilada, a la disolución contenida en el Tubo D, el color azul disminuirá. Sus explicaciones están orientadas a describir un proceso de dilución, aunque no todos los estudiantes utilizan dicho término. De tal forma, se encontraron explicaciones que aluden al efecto del agua que al ser incolora e incrementar su volumen o saturar con ella la disolución, ocasionará que la tonalidad azul decrezca.

Algunos ejemplos de las explicaciones son:

El alumno 1 atribuye el posible cambio de color a un proceso de dilución (aunque no lo menciona de forma explícita), explica que el agua al no tener color (incolora, falta de vocabulario) “extenderá” el color azul de la disolución y por lo tanto disminuirá su tonalidad.

Por otra parte el alumno 2 utiliza la palabra saturación para explicar el posible cambio de color, mencionando que habrá una disminución en la cantidad de ácido clorhídrico y un incremento en la cantidad de agua. Establece una relación (implícita) con los temas de dilución, disoluciones y concentración. Realiza una comparación con experimentos anteriores, sirviéndole para fundamentar su respuesta; es decir, la coloración del Tubo D disminuirá porque en los primeros tubos (A y B) en donde no hay ácido en la disolución, sólo agua destilada, la coloración de los tubos es diferente al color azul (relación con experiencias pasadas). Por eso menciona que “regresará” al estado primero que se vio, asociando la palabra regresar sólo al color que se tenía originalmente, ya que reflexiona y puntualiza que no se “regresa”; más bien el agua es la causante de la coloración rosa, por lo cual el alumno no tiene idea de que efectivamente se regresa al cloruro de cobalto (de color rosa) y por tanto no hay relación con el tema y la parte conceptual del equilibrio químico.

Por su parte el alumno 8 emplea la palabra regresar para explicar el posible cambio de coloración, pero no lo relaciona con el tema del equilibrio químico, sino que establece una relación con un proceso de dilución. A pesar de hacer referencia a una reacción, pero después rectifica y utiliza el término disolver (deficiencia en los temas de cambio químico y físico).

El alumno 12, aunque no menciona la presencia de una reacción, es el único que explica el posible cambio de color utilizando términos que aluden a un cambio químico como son: reactivos y productos. En su respuesta emplea palabras como inversa, volver, de izquierda a derecha que sugiere una relación con el tema y conceptos del equilibrio químico, aunque de forma explícita no lo menciona.

De forma general, este primer cuestionamiento que dio inicio a la actividad experimental No. 4, sólo el alumno 12 empleó términos en su explicación que ponen en evidencia un cambio químico. Además de sugerir una relación con la parte conceptual del equilibrio químico. A pesar de que el alumno 4 utiliza la palabra “regresar” e implícitamente asocia la presencia de un posible cambio químico, la relación que establece se encuentra enfocada más al tema de ácidos y bases (neutralización) y no al del equilibrio químico.

Todos los demás estudiantes asociaron la disminución del color azul con un proceso de dilución (empleando diferentes palabras). No pudieron establecer una relación con el tema de estudio, ni con el de cambio químico. Lo anterior, se justifica porque todos los alumnos, desde nivel básico (primaria y secundaria) han tenido experiencia con el proceso de dilución, no sólo en el ámbito escolar sino en su vida cotidiana.

Tabla No.15. Explicación alumnos, efecto adición agua destilada al Tubo D.

Al adicionar agua destilada al Tubo D	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Regresa (la disolución) al color original, rosa	8
Se observan dos o tres coloraciones	4
Se presenta la función inversa	1
Se neutraliza (la disolución)	2

La tabla No.15 muestra que ocho alumnos (1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 y 10) respondieron que al adicionar agua destilada a la disolución del Tubo D, se regresa al color original (rosa). Se encontraron las siguientes respuestas.

El alumno 4 asocia el regreso de la coloración a una reacción de neutralización, anulando el efecto del ácido clorhídrico (que según él, en respuestas anteriores, fue el causante de la coloración azul). A su vez, a pesar de relacionar los cambios de color con un cambio químico, sigue enlazando fuertemente sus explicaciones con el tema de ácidos y bases.

El alumno 9 explica que el regreso al color rosa se debe a un reajuste o cambio en la posición de las partículas, lo cual es correcto. Manifestando una relación con el tema de luz y movimiento, pero no tiene los elementos suficientes para fundamentar su explicación.

La interpretación sobre lo que los alumnos explicaron y entienden por “regresar” se muestra en la tabla 16.

Los alumnos 2, 5, 11 y 12 respondieron que al adicionar agua destilada, al Tubo D, observaron la presencia de dos o tres coloraciones. Los alumnos 2, 5 y 12 emplean la palabra regresar en sus respuestas a diferencia del alumno 11 que no considera dicha palabra en su explicación.

El alumno 11 menciona la presencia de dos coloraciones, al momento de adicionar agua destilada, observa que al agitar obtiene una disolución de color rosa, atribuyendo el cambio al pH; y a una posible reacción; primero responde que es una reacción entre el agua destilada con el producto contenido en el Tubo D (lo cual es correcto), pero después cambia su respuesta y dice que es una reacción entre el agua destilada con el ácido clorhídrico. Lo anterior refleja deficiencias para identificar reactivos y productos en una reacción y una fuerte relación con el tema de ácidos y bases.

Con base en el cuestionamiento anterior y a pesar de que no todos los alumnos manifiestan la presencia de un cambio químico, cuatro de ellos (4, 7, 11 y 12) expresan que los cambios de coloración se deben a una reacción química. En donde los alumnos 4, 7 y 11 explican y relacionan la reacción con una neutralización y el tema de ácidos y bases; mientras que el alumno 12 es el único que manifiesta cierta asociación con las características del equilibrio químico.

La mayoría de los alumnos al observar un cambio de coloración de azul a rosa emplearon la palabra “regresar”. Sus interpretaciones, con respecto a dicha palabra, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No. 16. Explicación alumnos, significado palabra regresar.

La palabra REGRESAR, significa:	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Volver al color original (rosa)	6
Volver a su estado original (disolución de cloruro de cobalto) pero más diluido	2
Tener una disolución no tan ácida	1

Los alumnos 1, 2, 4, 5, 8 y 10 asociaron la palabra regresar a un retorno en la coloración sin considerar la presencia de reacciones reversibles o incompletas. Es decir, no contemplan la parte conceptual del equilibrio químico.

Por ejemplo, el alumno 2 expresa dos ideas; la primera, en donde menciona “...Con regresar, pues que... bueno igual que al principio que si solo teníamos agua con el cobalto era de este color, era rosa...” refleja una posible relación con la característica de reacciones reversibles y que por falta de vocabulario no se expresa de forma adecuada. Pero después reflexiona explicado que sólo regresa el color y que el agua es la causante de que sea rosa la disolución. Poniendo de manifiesto que el “regresar” sólo lo atribuye a un regreso en la coloración y no al compuesto que se tenía originalmente, por lo que no hay una relación con la parte conceptual del equilibrio químico.

Para el alumno 8 el término “regresar” significa volver a la disolución de cloruro de cobalto y agua, por lo que se podría pensar que esta asociando dicha palabra con la parte de reacciones reversibles, pero concluye su respuesta mencionando que se retorna al tono original. Por lo que sólo establece una relación macroscópica con el regreso de la coloración. Además menciona que se presenta una reacción de neutralización entre el ácido y el agua, manifestando una relación con el tema de ácidos y bases y no con el tema del equilibrio químico.

Los alumnos 3, 7, 11 y 12 no emplearon en sus respuestas la palabra regresar, por lo que no se les planteó dicho cuestionamiento. Pero si es importante mencionar que al considerar sus respuestas anteriores el alumno 3 emplea la palabra volver en lugar de regresar y establece una relación sólo con el regreso de la coloración. Los alumnos 7 y 11 consideran el regreso de la coloración

como una consecuencia de una reacción química, específicamente de una reacción de neutralización y en el caso del alumno 12, por las palabras y explicaciones proporcionadas, se vislumbra una relación que el tema del equilibrio químico, aunque no está muy consolidado.

Por lo anterior, nos percatamos de la fuerte relación que establecen la mayoría de los alumnos con el tema de ácidos y bases considerando que se presenta una reacción de neutralización. Y a pesar de manejar una idea de un cambio químico, la palabra “regresar” sólo la refieren a un regreso en la coloración, sin considerar los tópicos de estudio.

Tabla No. 17. Explicación alumnos, coloración rosa Tubo D.

La coloración rosa de la disolución contenida en el Tubo D se debe:	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Hay una reacción (iónica, descomposición, neutralización)	9
A la concentración de agua destilada (mayor volumen)	1
Hay una evaporación quedando sólo el cobalto y el cloruro	1
Formación de una sustancia transparente que permite ver solo el cloruro de cobalto rosa	1
Cambio en las posición de las partículas	1
La presencia de una molécula de hidróxido de color rosa	1

Con base en el cuestionamiento planteado en la Tabla No. 17 se observa que nueve alumnos (1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11 y 12) comienzan asociar los cambios de color, en este caso la manifestación de una coloración rosa, a la presencia de una reacción química y, si bien, no contemplan que son reacciones reversibles e incompletas, al relacionar el cambio de color con la presencia de un cambio químico señalan que pueden reconocer una reacción química de manera macroscópica, aunque presentan grandes deficiencias en el empleo adecuado de términos y conceptos pertenecientes a dicho tema, así como deficiencias en reconocer reactivos y productos además de la capacidad de clasificar el tipo de reacción presentada.

Por ejemplo el alumno 1 explica que la coloración rosa se debe a una reacción química entre los iones “cloro” (lo correcto es cloruro, deficiencias en vocabulario científico), cobalto e hidrógeno (contenidos en la disolución azul) con el agua destilada adicionada. A pesar de que manifiesta la presencia de un cambio químico, sigue empleando términos como “mezcla”, que es una palabra relacionada con el tema de cambio físico (confusión en el uso de terminología científica) además de presentar dificultad en reconocer los productos que se obtienen.

El alumno 2 atribuye la coloración rosa a un efecto provocado por el agua, después explica y menciona que se presenta una reacción química entre el cloruro de cobalto y el hidrógeno y oxígeno, provenientes del agua, así como con el ácido clorhídrico. Reflejando una gran confusión para identificar los reactivos y productos presentes en un cambio químico, además de las deficiencias para reconocer qué es lo que posiblemente podría reaccionar: ya que el alumno disocia por completo uno de los reactivos (agua destilada) para que posteriormente todos sus átomos reaccionen con el cloruro de cobalto.

El alumno 3 responde con tres posibles explicaciones, algo simplistas. Dos se encuentran enfocadas a un cambio químico y la restante se asocia más a un cambio físico (evaporación). Se consideran simplistas porque a pesar de que menciona que hay una reacción química, la presencia de la coloración rosa la atribuye a una sustancia transparente que reaccionó con la disolución de color azul y por eso se ve de nuevo la coloración rosa. La evaporación no es un proceso simple, pero al considerarlo como una posible explicación se considera así, porque el alumno sólo “elimina” lo que es azul suponiendo una evaporación (aunque no haya visto la presencia de vapor) quedando sólo cobalto y cloruro. Presenta deficiencias en el tema de reacción química y falta de vocabulario, que le permita concretar sus ideas.

Aunque el alumno 4 no menciona de forma explícita la presencia de un cambio químico, emplea la palabra neutralizar (*el agua destilada neutraliza el ácido clorhídrico*) por lo que asocia el cambio o regreso de la coloración rosa a una

reacción de neutralización. Fuerte predominio, en sus explicaciones, del tema de ácidos y bases.

Tabla No.18. Ideas alumnos, efecto adición ácido clorhídrico al Tubo D.

¿Qué pasaría? Si se adiciona nuevamente ácido clorhídrico concentrado al Tubo D	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
La disolución regresará a un color azul	12
La disolución regresará a un color azul menos intenso	2
Regresa a azul por la presencia de reacciones "que van y vienen"	1

En la Tabla No.18 se aprecia que todos los alumnos concuerdan que al adicionar nuevamente ácido al Tubo D la disolución de color rosa, contenida en dicho tubo, regresará a un color azul. Las variantes en sus explicaciones se presentan en el "porqué" de dicho regreso, mostrando las más significativas.

El alumno 6, a pesar de considerar el tema de ácidos y bases, muestra una marcada deficiencia en dicho tópico, porque al cuestionarlo sobre la posible base que tendría, él responde que no sabe y sólo establece la relación a partir de los colores que ve; en donde también presenta carencias para identificar un ácido de una base; ya que si se considera el indicador universal como un indicador de pH las sustancias entre más ácidas son adquieren una coloración roja (y no azul como se aprecia aquí). Refiere una coloración más clara, por lo que podría establecer una relación con el proceso de dilución.

El alumno 3 manifiesta conocimiento sobre las reacciones reversibles (característica conceptual del equilibrio químico) aunque por deficiencias en el vocabulario, así como en el conocimiento del tema en estudio, se limita a responder que son las reacciones en las que se puede "ir" y después "regresar". Presenta una de las problemáticas más comunes, reportada para el equilibrio químico, el de considerar que las reacciones son completas; es decir, primero se tiene que efectuar una reacción y ya terminada se pueda efectuar el regreso de la misma.

El alumno 10, al igual que el alumno 3, es de los pocos estudiantes que asocia el posible cambio de color a la presencia de una reacción química, aunque en este caso el cambio químico lo refiere a una oxidación sin considerar el tema del equilibrio químico.

Los demás alumnos asociaron el posible cambio de color a experiencias pasadas y a lo que han observado sólo de manera macroscópica, sin considerar lo dicho anteriormente en donde algunos estudiantes ya mencionaban la presencia de una reacción química. Es decir, observaron que al adicionar ácido se obtiene una coloración azul, si se vuelve hacer lo mismo nuevamente se presentará dicha coloración. Sus explicaciones vuelven a limitarse y a relacionarse con el volumen o cantidad de reactivo que se adiciona (en este caso ácido clorhídrico) aunque ellos continúan empleando el término de concentración (hay una variación en la concentración del ácido).

La Tabla No. 19 muestra que todos los alumnos confirmaron que al adicionar ácido clorhídrico, nuevamente, la coloración que se obtiene es azul. Excepto el alumno 6 el cual menciona que se obtuvo una coloración morada.

El Alumno 3, a pesar de que presenta deficiencias en el vocabulario científico, a partir de su respuesta se confirma que reconoce la presencia de reacciones reversibles. Refiriéndose e identificando como reacción “uno” la que presenta el cloruro de cobalto con el ácido clorhídrico y como reacción “inversa” la que se presenta con la adición de agua destilada.

Tabla No. 19. Explicación alumnos, efecto de adicionar ácido clorhídrico al Tubo D.

Al adicionar ácido clorhídrico nuevamente al Tubo D	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Regresa a la tonalidad azul	11
Volvió a un color morado casi transparente	1

El alumno 5 relaciona el cambio de color con un proceso de dilución, también menciona que se “regresa” al color azul, pero con una tonalidad menor, posiblemente porque la concentración del ácido clorhídrico no fue suficiente. Establece una relación con cosas cotidianas; explicando que el color azul

obtenido es un color “azul de piscina”, lo cual para él resulta lógico ya que en las albercas hay cloro. A pesar de la asociación establecida con situaciones cotidianas, lo que manifiesta es una carencia para reconocer el tipo de compuesto con el que esta trabajando (ácido clorhídrico) al compararlo con el “cloro” (hipoclorito) que es lo que se adiciona a las piscinas. Desconocimiento de las características físicas y químicas de los compuestos antes mencionados.

Las respuestas obtenidas de los demás alumnos, nuevamente aluden a explicaciones macroscópicas que refieren a lo que han venido haciendo, o son muy puntuales respondiendo solamente que se obtuvo una coloración azul sin justificar su explicación.

Tabla No.20. Ideas alumnos, adición de agua destilada nuevamente al Tubo D.

Si se adiciona nuevamente agua destilada al Tubo D ¿Qué ocurrirá?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Volverá a un color o tonalidad rosa	12
Volverá a un color o tonalidad rosa menos intensa	2
Cambiará su color a rosa porque se presenta la reacción inversa al ácido clorhídrico	1

Ante la pregunta planteada en la Tabla No. 20 se observa que todos los alumnos asumieron que al adicionar nuevamente agua destilada al Tubo D, se presentaría un regreso o se obtendría nuevamente una coloración rosa. Las respuestas nuevamente se encuentran enfocadas en mencionar de manera puntual el cambio que se presentaría o bien al efecto producido al cambiar los volúmenes del ácido clorhídrico y el agua destilada.

El alumno 5 establece una relación entre el ácido clorhídrico y el agua destilada, por lo que se podría pensar que se refiere a una posible situación en equilibrio, pero lo que realmente manifiesta es una relación entre los volúmenes o cantidad de reactivo que se adiciona. De tal forma, cuando el volumen de agua es mayor se obtiene una coloración rosa y cuando el volumen del ácido clorhídrico se incrementa la disolución tiende a un color azul. No hay una asociación con el tema y concepto del equilibrio químico.

El alumno 10 menciona la presencia de una reacción inversa; atribuyendo el cambio de color o reversibilidad a una reacción de óxido-reducción (lo cual es incorrecto). Se aprecia que conoce la terminología relacionada con el equilibrio químico, pero presenta dificultades en el conocimiento del tema, en el empleo adecuado de términos y conceptos; así como dificultad para clasificar el tipo de reacción que se le presenta. Por tal motivo, conoce las acciones o efectos contrarios en una reacción de óxido-reducción; es decir, si una sustancia se reduce habrá otra que se oxide, pero esto no es suficiente para considerar que establece una relación con el concepto del equilibrio químico, sólo hay una asociación entre “contrarios”, sin relación con el tema del equilibrio químico, pues en el temario de la ENP, sólo se comprenden equilibrios ácido-base y no equilibrios óxido-reducción.

Tabla No.21. Explicación alumnos, efecto adición de agua destilada nuevamente al Tubo D.

Al adicionar nuevamente agua destilada al Tubo D	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Se observa una coloración rosa	3
Se observa una coloración rosa (tenue, pálida, clara, diluida)	5
Se observa una coloración rosa porque se va a llegar a un equilibrio	1

La Tabla No.21 muestra que todos los alumnos comprobaron que al adicionar agua destilada nuevamente, al Tubo D, se obtiene una disolución de color rosa. Los alumnos 4, 8 y 12 sólo se limitaron en mencionar y rectificar la presencia del color, sin proporcionar alguna explicación. A diferencia de los alumnos 1, 3, 6, 7 y 9 que, además de manifestar la presencia de un color rosa, complementaron su explicación señalando que la coloración vista era de menor intensidad a la que se tenía originalmente, atribuyendo lo anterior, de una forma directa o indirectamente a un proceso de dilución.

El alumno 11 además de considerar un proceso de dilución, utiliza palabras propias del tópico en estudio como son equilibrio y reversible, pero al considerar su explicación se aprecia que ambas palabras las asocia a un equilibrio y reversibilidad en la coloración y volumen añadido, sin contemplar

cambios químicos, reacciones incompletas y reacciones reversibles. No estable una relación con el concepto del equilibrio químico.

Tabla No. 22. Diferencias coloraciones rosa y azul presentes en el Tubo D.

Las diferencias entre la coloración rosa y azul se deben	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
A la modificación de las cantidades, proporciones, concentración o volúmenes de los componentes de la disolución (cloruro de cobalto, agua destilada y ácido clorhídrico)	5
El cloruro de cobalto actúa como un indicador ácido-base	1
A la presencia de una reacción química	4
A la presencia de reacciones inversas o en dos sentidos	2
A las propiedades químicas del ácido y del agua	1
A la relación que se establece entre agua destilada y ácido clorhídrico	1
El agua contrarresta el efecto del ácido en la sal (cloruro de cobalto)	1

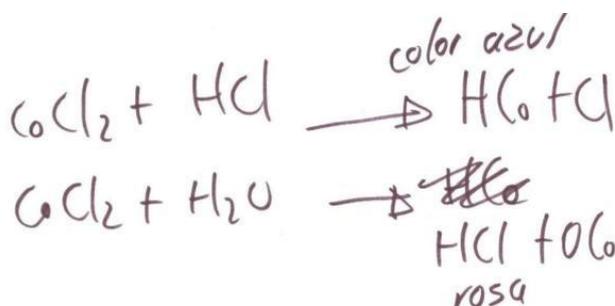
Los alumnos 1, 2, 6, 8 y 11 explicaron que las diferencias entre las coloraciones rosa y azul se deben básicamente a las modificaciones que sufren los componentes en la disolución (ácido clorhídrico, agua destilada y cloruro de cobalto) con respecto al volumen de cada uno de ellos, empleando términos como cantidad, proporción, volumen y concentración. Los alumnos 1, 2 y 8 expresaron otras ideas, también consideradas en la Tabla No.19.

El alumno 1 además de atribuir las diferencias de color (entre rosa y azul) a la cantidad de los componentes (agua destilada, cloruro de cobalto y ácido clorhídrico) atribuye la característica de ser un indicador ácido-base al cloruro de cobalto. De tal forma, la coloración del Tubo D dependerá de las características ácidas o básicas de la disolución; es decir, el color rosa corresponde al cloruro de cobalto y es un medio básico; el color azul corresponde al ácido clorhídrico y es un medio ácido. En sus respuestas anteriores, el estudiante consideraba un cambio químico, pero referido a situaciones iónicas, en este caso su explicación se encuentra enfocada al tema de ácidos y bases. (Deficiencias para relacionar y considerar lo explicado con

anterioridad, así como para identificar el tipo de reacción química que se presenta).

El alumno 2 presenta una gran confusión para entender e identificar lo que es un cambio físico de uno químico. En su primera respuesta menciona que el cambio de color se debe a la proporción o cantidad de las sustancias presentes (cambio físico), es decir al haber más ácido la disolución de cloruro de cobalto será azul y si se agrega más agua la coloración será rosa. Pero después relaciona los colores, rosa y azul, con la presencia de una reacción química. En donde la coloración rosa corresponde a la reacción entre el oxígeno e hidrógeno, del agua destilada, con el cloruro de cobalto. Y el color azul se debe a la reacción de los cloruros, provenientes del ácido clorhídrico, con el cloruro de cobalto. Si bien la última reacción es correcta, el alumno muestra grandes dificultades en entender el tema de reacción química.

Figura 6. Dibujo alumno 2 (Experimento 4 – Diferencias entre la coloración azul y rosa)



El alumno 9 refiere los cambios de color a dos reacciones químicas. Por deficiencias conceptuales y de conocimiento en dicho tema (cambio químico) no logra concretar cuales son los productos que se obtienen, pero menciona que primero se lleva a cabo una reacción entre el cloruro de cobalto y el ácido clorhídrico, para que posteriormente lo que se obtenga reaccione con el agua destilada, lo cual es correcto. Establece una posible relación con reacciones reversibles aunque segmenta o separa las reacciones involucradas. Atribuye los cambios de color a la presencia de cambios químicos y continúa mencionando que también se deben a un reacomodo en la posición de las partículas. Llama la atención que al cuestionarlo sobre qué sucede con el ácido clorhídrico, comienza a tener una idea de que sigue presente en la disolución,

mencionando que no puede desaparecer aunque no se vea una coloración azul, lo cual es correcto. Se podría esperar, que de una forma implícita, considera las reacciones incompletas, pero por sus respuestas anteriores, en donde no muestra relación con la parte conceptual del equilibrio químico, dicha relación es muy subjetiva.

Tabla No.23. Explicación alumnos, color rosa.

El color rosa se debe	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Al cloruro de cobalto	3
A la reacción del cloruro de cobalto con el oxígeno del agua	1
A la presencia de dos moléculas de agua destilada y una de ácido clorhídrico	1
Al cloruro de cobalto con agua destilada	2

De forma general, y como se ha venido observando, la mayoría de los alumnos piensan que los cambios de color presentes en la disolución de cloruro de cobalto se deben a la cantidad o volumen de ácido clorhídrico y de agua destilada que se adicionan. A pesar de ello, se encontró que algunos alumnos responden que existe un cambio químico, en donde el tipo de reacción varía dependiendo del entrevistado, encontrándose con reacciones de óxido-reducción, ácido-base (neutralización) y reacciones “que van y vienen”.

El cuestionamiento planteado en la Tabla No.23 complementa la pregunta realizada y expuesta en la Tabla No.17. Por tal motivo, sólo se consideraron las respuestas de los alumnos que explícitamente mencionaron a que se debía el color rosa. Obteniéndose las siguientes explicaciones:

Los alumnos 1, 7, y 9 explicaron que el color rosa se debe sólo al cloruro de cobalto, sin considerar que el compuesto se encontraba en una disolución. Los dos últimos alumnos (7 y 9) fueron muy puntuales en sus respuestas, motivo por el cual sólo se ejemplifica lo mencionado por el alumno 1.

El alumno 1 además de atribuir el color rosa al cloruro de cobalto, menciona que las coloraciones, rosa o azul, se deben a la acidez o alcalinidad de la disolución. Estableciendo una fuerte relación con el tema de ácidos y bases.

El alumno 2 asocia la coloración rosa con una reacción química, que se da entre el las moléculas de oxígeno, provenientes del agua destilada, con el cloruro de cobalto. Presenta dificultad en el tema de reacción química, pues no reconoce que especies químicas son las que posiblemente pueden reaccionar y de que manera lo hacen.

El alumno 5, en la explicación proporcionada en la Tabla No. 22 menciona que los cambios de color se deben una relación matemática hipotética (relacionado con una posible relación estequiométrica). De tal forma, el color rosa, se debe a una relación de dos moléculas de agua destilada con una de ácido clorhídrico, presentes en el cloruro de cobalto.

Tabla No.24. Explicación alumnos, color azul.

El color azul se debe	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Al ácido clorhídrico	5
Al cloruro proveniente del ácido clorhídrico	1
A la presencia de tres moléculas de ácido y dos de agua destilada	1
A la suma, combinación de la sal (cloruro de cobalto) con el ácido clorhídrico	2
A una menor cantidad de cloruro de cobalto	1

Como se mencionó en la Tabla No.23, la mayoría de los alumnos asocian los cambios de color al volumen que se adiciona de agua destilada o de ácido clorhídrico. De tal forma, cuando hay una mayor cantidad de agua destilada la coloración de la disolución será rosa y al incrementar el volumen de ácido clorhídrico la disolución se tornará a una coloración azul. Las explicaciones de los alumnos sobre el color azul se muestran en la Tabla No. 24.

Los alumnos 1, 2, 3, 4 y 6 responden que el color azul, se debe a la presencia o efecto del ácido clorhídrico, sin establecer una relación con un cambio químico, a pesar de que en respuestas anteriores ya habían manifestado la presencia de una reacción.

El alumno 2, en una primera explicación, responde que el color azul se debe al cloruro, proveniente del ácido clorhídrico, que se “mezcla” con el cloruro de cobalto. Lo cual es correcto, pero en su respuesta emplea la palabra mezclar, la cual alude a un cambio físico y no químico. Por lo que presenta deficiencias en el uso correcto de terminología científica. Posteriormente explica que todo el ácido es el causante de la coloración azul. Deficiencias en el tema de cambio químico.

El alumno 5 responde a partir de la relación hipotética establecida con anterioridad. Por lo cual, el color azul se debe a una relación de tres moléculas de ácido y dos de agua destilada.

El alumno 8 explica que el color azul se debe a una disminución del cloruro de cobalto, presente en la dilución. No considera un incremento en el volumen del ácido clorhídrico adicionado, como sus demás compañeros. Lo cual puede sugerir que posiblemente piensa que un momento determinado el cloruro de cobalto se agotará. (Relacionado con reacciones completas y no con la parte conceptual del equilibrio químico).

Tabla No.25. Explicación alumnos, presencia de dos coloraciones simultáneas en el Tubo D.

La presencia de dos coloraciones simultáneas en el mismo tubo se debe:	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
A una mezcla incompleta del ácido clorhídrico y el cloruro de cobalto en disolución	2
No ha terminado la reacción y no se define un color	1
A la presencia de dos tipos de compuestos	1
A que una especie química se presenta en mayor cantidad que la otra	1

La pregunta planteada en la Tabla No.25 se realizó con la finalidad de que los alumnos, lograrán comprender que en la disolución contenida en el Tubo D, están presentes todas las especies químicas con las que trabajó. Y que de alguna manera pudieran comprender que se les presentaban reacciones reversibles e incompletas. De tal forma, al variar el volumen de ácido clorhídrico o de agua destilada, la coloración obtenida iba a variar porque se

estaba favoreciendo una reacción con respecto a la otra. Lo anterior, podría llevar a los estudiantes a utilizar términos y conceptos como reacción, reactivos, productos, reacciones incompletas y reversibles; y en un momento determinado contemplar que el equilibrio químico es dinámico.

Los alumnos 1 y 9 mencionaron que la presencia de dos coloraciones se debe a una mezcla incompleta entre el ácido clorhídrico y el cloruro de cobalto (cambio físico). A pesar de que en sus respuestas anteriores consideraron la presencia de un cambio químico.

El alumno 2 explica que la presencia de dos coloraciones simultáneas se debe a que las reacciones o reacción no ha terminado y a pesar de que en su explicación utiliza expresiones como *“no se lleva acabo por completo la reacción”*, lo que podría ser un indicio de reacciones incompletas, su explicación la conduce hacia una reacción completa, que es lo que sucede cuando se agita y se obtiene un sólo color. No hay una asociación con el tema y parte conceptual del equilibrio químico.

El alumno 7 reconoce la presencia de dos compuestos diferentes (por el color). Emplea palabras como mezclar para referirse a un cambio químico, aunque al final si utiliza el término reaccionar. Y a pesar de identificar dos compuestos diferentes, explica que al agitar *“reaccionan bien”* y por lo tanto se obtiene una sola tonalidad, lo que refiere que la reacción se completo.

En el caso del alumno 12 se le preguntó a qué atribuía la presencia de una sola coloración, cuando en un inicio había visto dos. Él explica que se debe a que una especie química (refiriéndose al agua destilada y ácido clorhídrico) se encuentra en mayor proporción con respecto a la otra y por sus explicaciones pasadas, en donde menciona que tanto el cloruro de cobalto, el agua destilada y el ácido clorhídrico están presentes, se considera que contempla lo que serían reacciones incompletas. Pero como no tiene bien estructurado el tema de reacción química y del equilibrio químico, además de presentar deficiencias en el vocabulario de ambos temas, su explicación parecería que va enfocada a describir una reacción completa o bien que la presencia de las dos

coloraciones se debe a la variación en los volúmenes de los reactivos utilizados.

4.5 Experimento 5

Cloruro de cobalto (ac) + ácido clorhídrico concentrado (ac) = Tubo X (proveniente del Tubo D)

Como se indicó, en la metodología, el Tubo X corresponde a la mitad del volumen de la disolución contenida originalmente en el Tubo D, a la cual se le adicionó ácido clorhídrico concentrado hasta obtener una coloración azul. De tal forma, partiendo de una disolución de color azul los alumnos realizaron una dinámica de enfriar y calentar el Tubo X (con ayuda de un contenedor con hielos y de un baño María). Antes de realizar las actividades señaladas se cuestionó a los alumnos sobre qué pasaría si se enfriara y después se calentara el Tubo X, con la intención de conocer sus predicciones y posteriormente, mediante las actividades experimentales, corroborar si fueron acertadas o no.

Los alcances que se tenían contemplados, a partir de las actividades contenidas en el experimento 5, fueron diversos. Pues se pretendió continuar, de forma general, con el conocimiento, empleo y aplicación, por parte de los alumnos, de los diferentes conceptos y terminología, propios de la asignatura de Química impartida a nivel bachillerato. Pero también se buscó que los experimentos presentados, en este apartado, fueran cada vez más precisos en apuntar al tema del equilibrio químico, con la intención de que los alumnos, a partir de lo que hacían y observaban lograran concretar la parte conceptual del equilibrio químico (reacciones incompletas y reversibles, así como considerar un equilibrio dinámico). Por consiguiente, si se lograba que los alumnos llegaran a un nivel más abstracto de razonamiento podrían darse cuenta que, para presentarse un cambio químico no necesariamente se necesita la adición de reactivos, como es que se venía haciendo, puede ser que se presente un cambio en la temperatura para que la reacción química se dé y que es lo que sucede comúnmente en las reacciones que se encuentran en equilibrio químico. El cambio de temperatura es un factor que altera el equilibrio y

favorece el desplazamiento o la presencia de una reacción con respecto a la otra.

Los resultados obtenidos de este experimento se muestran en las tablas 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, y 33.

Tabla No.26. Ideas alumnos, efecto de enfriar el Tubo X

¿Qué pasaría si el Tubo X se enfría?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Cambiará su estado (agregación), se solidifique, se congele.	4
Se enfriará, habrá un cambio de temperatura	3
Se llegará a un equilibrio térmico	1
No pasará nada, el color no cambiará	2
Disminuirá la energía cinética de las partículas	1
Se mantendrá el color azul de la disolución	2
Se pondrá rosa la disolución	1
Habrá un cambio de color	4
Un cambio de tono (relacionado con movimiento y reacción química)	1
No regresará al color de antes (rosa)	1

En la Tabla No.26 se observa que la mayoría de los alumnos presentaron más de una idea. De las cuales, algunas fueron muy simples (enfocándose a hechos macroscópicos) como que sólo cambiaría la temperatura (se enfriaría) o bien se presentaría un posible cambio de estado (solidificación, congelación). Lo anterior no fue extraño, reflejando que el proceso de enfriamiento es algo cotidiano en los estudiantes y que una forma de comprobarlo es por una diferencia en la temperatura o por un cambio físico.

También se encontraron explicaciones más elaboradas, en donde se ven involucradas palabras propias de un vocabulario científico como equilibrio térmico y energía cinética.

Tampoco es extraño que los entrevistados, en sus explicaciones, consideren el color como una característica que puede sufrir o no variaciones al momento de modificar la temperatura. Exponiendo, en un momento determinado, el condicionamiento que pueden llegar a presentar algunos estudiantes cuando sólo perciben de manera macroscópica un cambio; es decir, en las actividades anteriores los fenómenos presentados aludían a un cambio en la coloración;

por consiguiente, a pesar de presentarles nuevas actividades, los alumnos siguen pensando que al modificar la temperatura de la disolución se podría presentar un mantenimiento o variación en el color, porque es lo que han venido observando.

El alumno 1 manifiesta tres ideas. La primera es que se presentará un cambio de color asociando su respuesta con actividades o experimentos pasados, explicando que lo observado se debe a una variación en la “proporción” y no a un cambio químico, como había expresado anteriormente. Explica que él espera una variación en el color porque ha observado que cuando cocina, los alimentos cambian de color (asociación con situaciones cotidianas) por lo tanto, al enfriar el Tubo D posiblemente se pueda presentar un cambio en el color. Sus otras dos respuestas se encuentran enfocadas en un cambio físico: solidificación de la disolución (aunque presenta duda por la cantidad de hielos que ve) y al establecimiento de un equilibrio térmico (se igualan las temperaturas) más no químico.

El alumno 3 responde que no se presentará ninguna reacción química, pues no está agregando nada (Deficiencia en reconocer factores que pueden favorecer o restringir un cambio químico). Manifiesta la necesidad de adicionar un reactivo forzosamente para que se presente una reacción lo que evidencia deficiencias en el tema de reacción química y equilibrio químico. Explica que sólo se presentará un cambio en la temperatura, enfriamiento.

El alumno 4 responde que la actividad al ser diferente a las anteriores no espera un regreso en la coloración observada (rosa), pero si un posible cambio de color o que ya no reaccione igual; modificando la palabra reaccionar por disolver (asociación de la temperatura con el proceso de disolución).

El alumno 6 responde que se puede presentar un cambio en el color (relación con un cambio químico) o un cambio de estado, congelamiento (cambio físico). Presenta dificultad en caracterizar y diferenciar un cambio químico de uno físico.

El alumno 8 atribuye un posible cambio de “tono” a una reacción química (aunque no lo manifiesta de forma explícita), reconoce que una variación en la temperatura es uno de los factores que pueden afectar un cambio químico. (Lo cual es correcto). Además de relacionarlo con el movimiento de las moléculas, explicando que cuando la temperatura es mayor las moléculas se mueven más rápido, por lo que se le cuestiona que si en el Tubo X ¿hay movimiento? y el responde que el movimiento se debe a la agitación. (Deficiencias para concretar su explicación en un nivel microscópico).

El alumno 9 es el único que explica que al someter a un enfriamiento la disolución, contenida en el Tubo X, regresará a una coloración rosa. Su respuesta se encuentra enfocada nuevamente en lo que es el reacomodo y posición de las partículas considerando ahora el movimiento de las mismas, el cual se verá disminuido porque se está enfriando. El alumno presenta un razonamiento adecuado, en sus explicaciones, pero al no comprender del todo el tema de reacción química y presentar deficiencia en el empleo del vocabulario científico, carece de los elementos que le permitan concretar su respuesta.

- *[Si se disminuye la temperatura del Tubo X]...pues... a lo mejor se pondría rosa la disolución... Pues creo que tiene que ver entonces lo del movimiento, porque si lo enfriamos entonces disminuye el movimiento... del líquido... bueno... del agua y del ácido clorhídrico, que son los que están en estado líquido [lo cual ocasionaría]...que regresará al rosa...*

El alumno 11 enfoca su respuesta a un nivel submicroscópico, no sabe que sucederá macroscópicamente, al enfriar, pero si reconoce que a nivel de partículas la energía cinética, de las mismas, disminuirá como consecuencia de un enfriamiento.

El alumno 12 responde que se puede presentar un cambio en la coloración. A partir de lo cual, se derivan diferentes explicaciones la mayoría enfocadas en explicar un cambio químico, aunque también considera que se puede presentar sólo un cambio físico como es una disminución en la temperatura. Considera el

cambio de color como un cambio físico más que químico. (Deficiencias en caracterizar y comprender cambios químicos y físicos). Es el único de los alumnos que reconoce que no es necesario adicionar “algo” para que se presente una reacción química, además de expresar que el “producto” de la reacción se encuentra contenido en el Tubo X. Emplea el término de velocidad de reacción, pero manifiesta una gran deficiencia en su conocimiento y empleo.

●...yo creo que cambia de color [El Tubo X] porque... tanto el calor como el frío, ..., se pueden involucrar en las reacciones, entonces no creo que sea necesario aumentar agua destilada para que se vuelva rosita o ácido clorhídrico para que se vuelva azul. Tal vez sólo con el frío se ponga... más azul de nuevo

Tabla No. 27. Explicación alumnos, efecto de enfriar el Tubo X.

Al enfriar el Tubo X	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Cambio de color, llegó a un color rosa	2
Disminuye su tonalidad, se hace más clarito, adquiere una coloración morada, lila	8
No pasa nada, la coloración se mantiene azul	2

La Tabla No.27 muestra que dos estudiantes (5 y 8) al someter a enfriamiento el Tubo X no observaron cambios en la coloración, manteniéndose el color azul de la disolución. Lo anterior se debe a que la formación de los iones complejos coloridos del cloruro de cobalto, involucran reacciones exotérmicas (liberan energía en forma de calor) y endotérmicas (absorben energía en forma de calor).

En el caso de la formación del complejo de color azul, se debe de suministrar energía (calor) para favorecer su reacción. Por consiguiente, al enfriarlo se favorecerá la formación del complejo de color rosa. Una complicación que se tuvo en este experimento fue que, en el caso de los alumnos 5 y 8, no se pudo alcanzar una temperatura tal que favoreciera el desplazamiento del equilibrio. Esto lo atribuimos a que, la mezcla agua-hielo, no estaba lo suficientemente fría o bien que el tiempo de enfriamiento no fue lo suficiente para notar cambios en la coloración.

Sólo dos alumnos (1 y 4) notaron un cambio de color, de azul a rosa, mientras que los demás manifestaron sólo una disminución de la tonalidad haciéndose la disolución más clara; o bien, presentar una coloración morada.

Como se explicó, al no tener una temperatura lo suficientemente fría, el contenedor con agua y hielos, o el tiempo de reposo no ser el adecuado es que la mayoría de los alumnos no presenciaron el cambio de color de azul a rosa, como lo habían venido observando en los experimentos anteriores.

Tabla No.28. Explicación alumnos, cambio de color Tubo X después de enfriarlo.

El cambio de coloración en el Tubo X, después de enfriarlo, ¿se debe?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
El frío disminuyó el movimiento de las moléculas o iones del ácido clorhídrico, inactivando su efecto	1
De alguna manera el agua fría entre en contacto con la disolución de cloruro de cobalto contenida en el Tubo X, debilitando el ácido clorhídrico	2
El ácido se comporta de una manera diferente con el frío	1
La temperatura ocasiona que las reacciones sean más rápidas o lentas	1
No hubo cambio sólo se enfrió el tubo	1
La temperatura modifica algunas propiedades químicas, como el color	1
El compuesto contenido en el Tubo X es sensible a los cambios de temperatura	1
Al disminuir la temperatura algún elemento se vio afectado	1
El frío es un factor externo que invierte el proceso y provoca una reacción	1

A pesar de que el cambio de color, de la disolución del Tubo X, no fue tan notoria después de haberla sometido a un enfriamiento. La mayoría de los alumnos (exceptuando los alumnos 5 y 8) manifestaron una disminución en la tonalidad azul o bien la presencia de una coloración morada. Encontrándonos con las siguientes explicaciones del por qué se presentó dicho fenómeno.

El alumno 1 explica que el frío disminuyó el movimiento de las “moléculas” o iones del ácido clorhídrico (Dificultad en el conocimiento y empleo de terminología química) inactivando su efecto, lo que ocasiona el cambio de

color. Elimina la idea de que el cloruro de cobalto es un indicador ácido-base, a partir de los colores que observa y que no concuerdan con sus experiencias pasadas. No asocia el cambio de color con la presencia de un cambio químico.

Los alumnos 2 y 4 explicaron que de alguna manera el agua con hielo, pudo entrar en contacto con la disolución del Tubo X ocasionando, para el alumno 4, que el ácido clorhídrico se debilitará; mientras que el alumno 2 reflexiona un poco más y explica que el ácido clorhídrico se comporta de una manera “diferente” al estar frío. Todo lo anterior ocasiona el cambio de color observado. Ambos entrevistados atribuyen cierta permeabilidad al vidrio del tubo de ensayo permitiendo que el agua con hielo entre en contacto con la disolución de color azul, pero dicha permeabilidad no permite la salida de la disolución contenida en el tubo. No tienen los elementos y conocimientos necesarios para explicar el cambio de coloración.

El alumno 3 asocia el cambio de color a la presencia de una reacción química, la cual se verá afectada por la variación de la temperatura. Pues sabe que el cambio de la temperatura es un factor que puede ocasionar que las reacciones sean más rápidas o lentas.

• *[El Tubo X al enfriar]... Se volvió moradito... [porque]... una de las cosas ... que hace que las reacciones ocurran más rápido es la temperatura... bueno más rápido o más lento, dependiendo es la temperatura...*

El alumno 6 explica que el cambio de color se debe a que la variación en la temperatura modifica algunas “propiedades químicas”, como el color, del cloruro de cobalto. Presenta una gran deficiencia en el conocimiento y caracterización de un cambio químico y uno físico; además de presentar un uso inadecuado de vocabulario y terminología química. Ya que el color no es una propiedad, es una característica que presentan las sustancias y que de forma general puede permitir la identificación de las mismas de forma macroscópica. Un cambio de color pone en evidencia la presencia de un cambio químico.

El alumno 10 asocia el cambio de color con la disminución de temperatura, lo cual ocasiona que algún “elemento” se vea afectado. El estudiante presenta deficiencias en el conocimiento y empleo del vocabulario científico. Utiliza la palabra elemento para referirse al compuesto cloruro de cobalto; además de no encontrar la forma de explicar claramente que un cambio en la temperatura, así como uno de color, permiten identificar un cambio químico, aunque él emplea la expresión “mezcla de compuestos”.

El alumno 12 es el único que, de forma explícita, relaciona el cambio de color con una reacción química; además de mencionar que el frío es un factor “ajeno” que invierte la reacción. Por lo anterior, una vez más apreciamos que el alumno conoce el tema del equilibrio químico, pero al no tener bien fundamentado su conocimiento, presenta un vocabulario científico limitado y en ocasiones no sabe caracterizar e identificar un cambio químico de uno físico. No logra concretar la parte conceptual del tópico de estudio.

Aunque los alumnos 5 y 8 no observaron cambios en la coloración al enfriar el Tubo X, la respuesta del alumno 5 fue considerada al mencionar que sólo se había enfriado, mientras que el alumno 8 sólo respondió que el color azul se mantenía.

Tabla No. 29. Ideas alumnos, efecto de calentar el Tubo X

Si sometemos a calentamiento el Tubo X ¿ocurrirá?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
Lo opuesto, de rosa va a pasar a azul	1
Retomara, se hará, volverá, se pondrá de color azul	4
La reacción contraria	1
Se volverá rosa	1
Seguirá, se quedará de un color azul	2
Se hará azul porque se hace lo inverso (de enfriar se calienta)	3

En la Tabla No.29 a pesar de apreciarse diferentes ideas. Se observa que todos los alumnos, exceptuando el alumno 4, respondieron que al calentar el Tubo X se obtendría una coloración azul; utilizando términos como regresará, opuesto, reacción contraria, se mantendrá el color, etc.

Así pues, el alumno 4 responde que volverá o seguirá la disolución, de un color rosa porque se continúa trabajando con agua independientemente de que se caliente. Exponiendo una deficiencia en reconocer la presencia de un cambio químico, así como los posibles factores que pueden favorecer o retardar una reacción química.

Los alumnos 1, 2, 6, 7 y 9 explicaron que al calentar, la disolución del Tubo X, se volvería azul. Diciendo que el regreso de la coloración está asociado a la acción inversa (enfriar-calentar) y no a la parte conceptual (reacciones reversibles) del equilibrio químico.

El alumno 3 asume que al calentar la disolución del Tubo X se presentará la “reacción contraria”. Al seguirlo cuestionando manifiesta que conoce lo que son las reacciones reversibles (una parte que caracteriza el equilibrio químico), aunque él emplea la palabra inversa.

- *[Al enfriar]... Se volvió rosa, bueno moradito... es como la reacción inversa, yo me sigo imaginando una reacción inversa*
- *[Una reacción inversa]... puede regresar a como estaba.*

Los alumnos 10, 11 y 12, de forma explícita, explicaron que al someter a calentamiento el Tubo X el color azul regresaría, asociando la palabra regresar a la acción contraria de enfriar, sin considerar la presencia de un cambio químico y por tanto sin asociar el regreso de la coloración con reacciones reversibles.

Tabla No.30. Explicación alumnos, efecto de calentar el Tubo X.

Al calentar el Tubo X	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
La disolución adquirió una coloración azul más fuerte	12

La Tabla No.30 muestra que los doce alumnos, al calentar la disolución del Tubo X, expresaron la presencia de una coloración azul. Inclusive los entrevistados 5 y 8 que al enfriar el tubo no observaron ningún cambio en el

color, al término del calentamiento mencionaron que el color azul de la disolución había incrementado.

Tabla No.31. Explicación alumnos, cambio de color Tubo X después de calentarlo.

El cambio de coloración en el Tubo X, después de calentarlo, ¿se debe?	
Enunciado o idea	No. de repeticiones
A una activación del ácido clorhídrico y "pasividad" del cloruro de cobalto	1
Al "cloro"	2
El ácido se comporta de una manera diferente al calentarlo	1
Las moléculas, átomos o partículas se encuentran más juntas	2
La temperatura incrementa la "fuerza" del ácido	1
A un cambio en la energía cinética	1
A una expansión de "algo" que a temperatura baja había reaccionado y se encontraba inhibido	1
El ácido reacciona al incrementar la temperatura	2
A un aumento en la velocidad de las partículas	1
Las moléculas, átomos o partículas se encuentran más separadas	2
A una reacción	1

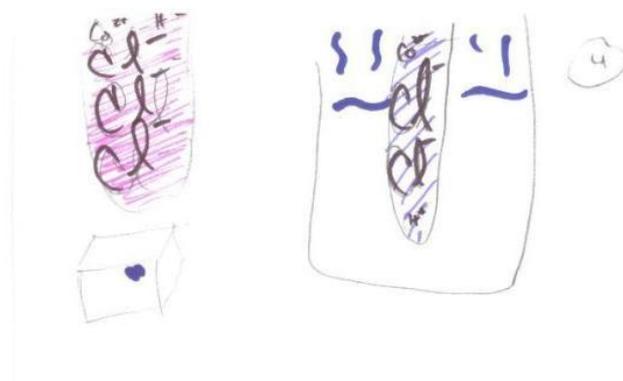
Las explicaciones del porqué se presentaba un cambio de color, después de calentar el Tubo X, fueron variadas. Aunque dos fueron las que se presentaron con mayor frecuencia; la primera fue que el ácido clorhídrico al aumentar la temperatura presenta un comportamiento diferente que cuando se encuentra frío, algunos entrevistados emplearon expresiones como: "se activa", "incrementa su fuerza", "reacciona", etc.

La segunda idea se encuentra enfocada a explicaciones que relacionan el cambio de color con la separación que sufren las partículas cuando se somete a calentamiento la disolución de cloruro de cobalto azul (se juntan o se separan). Lo cual esta asociado directamente al efecto que tiene la temperatura sobre las partículas de cualquier material cuando es sometido a un proceso de calentamiento. Explicaciones y experiencias que se contemplan desde un nivel básico de enseñanza (primaria y secundaria).

Llama la atención que los alumnos 1 y 4, a partir de todo lo realizado, concluyen que los cambios de color se deben al “cloro”; reflejando una deficiencia en el conocimiento, empleo y caracterización de sustancias químicas, pues los cambios de color se deben a la presencia o ausencia de iones cloruro, no del cloro. A pesar de lo anterior, identifican que hay una especie química causante de las variaciones en la coloración (Lo cual es correcto y se debe al ion cloruro).

El alumno 1 menciona que el regreso de la coloración azul se debe a una activación del ácido clorhídrico, con la correspondiente pasividad del cloruro de cobalto. Nuevamente utiliza opuestos para fundamentar su explicación, puntualiza que “el cloro” (aunque en su dibujo si pone cloruros) es el causante de los cambios de color y a pesar de que en sus respuestas manifiestan cierta asociación con un cambio químico, él señala que no hay una reacción química.

Figura 7. Dibujo del alumno 1 (Experimento 5 – Calentamiento del Tubo X)



En su explicación el alumno 4 menciona que el incremento en la temperatura favorece que el ácido clorhídrico reaccione y se haga más “fuerte”. Relacionando la palabra fuerza con aspectos físicos y no químicos. También identifica que el “cloro” es el causante de los cambios de color, aunque sigue manifestando una fuerte relación con el tema de ácidos y bases.

El alumno 2 se limita a responder que un incremento en la temperatura ocasiona que el ácido clorhídrico se comporte de una manera diferente, sin explicar cómo sería ese comportamiento. También emplea la palabra fuerza, aludiendo a la separación que presentan los átomos cuando hay un cambio en la temperatura. De tal forma, con el calor los átomos se encuentran más juntos y dan una coloración azul, mientras que con el frío se separan y se presenta la coloración rosa (deficiencias en identificar los efectos de un incremento en la temperatura a nivel microscópico). Menciona la presencia de un cambio químico, evidenciando la deficiencia en el tema de reacción química, pues explica que si la temperatura es muy elevada puede ser que se libere oxígeno (disocia la molécula de agua).

- *Yo creo que es como su... fuerza... si están muy juntas las moléculas o separadas eso crea cierto color, bueno si están muy juntas por ejemplo en el calor yo creo que están más juntas... que en la coloración azul... y si están muy separadas también y se ve como rosa. Yo creo que porque están muy separadas, bueno los átomos... de las sustancias que tenemos en el tubo*
- *[Efecto de la temperatura]... para que haya una reacción, bueno favorece una reacción la temperatura,... Pues si es muy caliente ...se libera hasta oxígeno y eso también puede hacer que cambie la coloración,...*

El alumno 3 atribuye el cambio de color a una unión entre el ácido clorhídrico y el cloruro de cobalto, sin especificar si la unión se da entre átomos, moléculas, etc. (deficiencias de vocabulario). Presenta la misma dificultad que el alumno 2 de no saber qué ocasiona el incremento de la temperatura a nivel microscópico. Ya que al someter a calentamiento, las partículas tienden a separarse y no juntarse como es que lo expresan ambos entrevistados.

Los alumnos 10 y 11 expresan la idea contraria a los alumnos 2 y 3; ya que los primeros consideran que al calentar el Tubo X el cambio en la coloración se debe a que las moléculas o partículas se separan.

Por ejemplo, el alumno 10, en un principio responde que no sabe a que se debe el regreso de la coloración azul, pero que la temperatura se ve involucrada en ello, por lo cual continua explicando que posiblemente al incrementar la temperatura la molécula del ácido clorhídrico se separe del la molécula de cloruro de cobalto. Si bien el alumno presenta dificultad en explicar lo observado y su respuesta no es correcta, trata de ubicar su explicación a nivel microscópico.

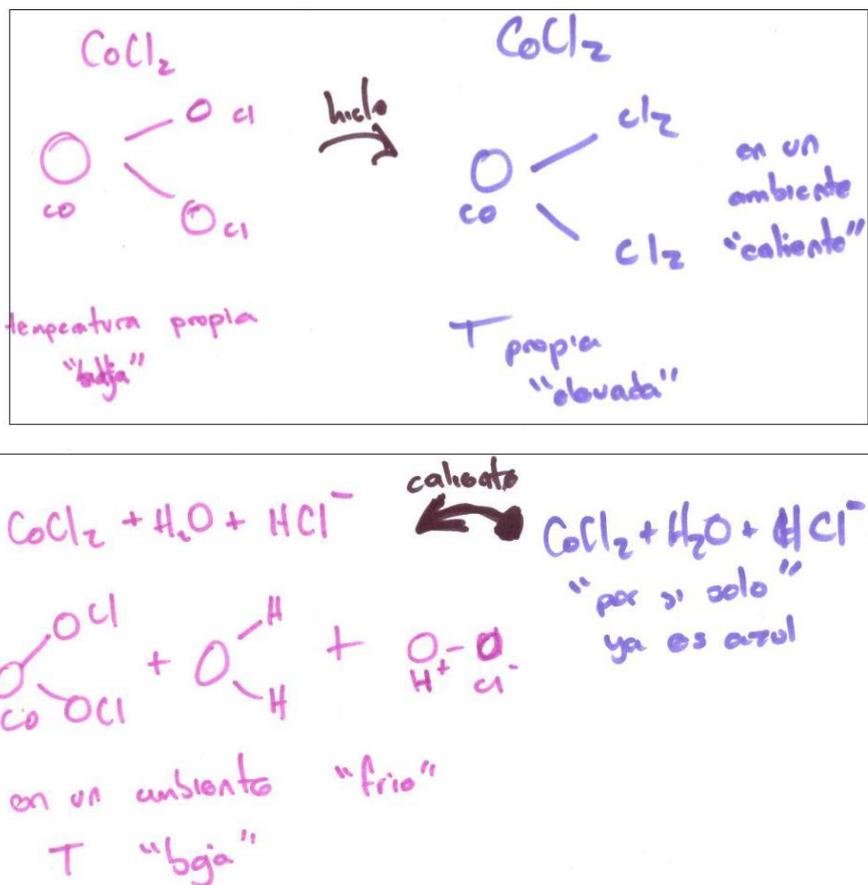
El alumno 8 explica que el cambio de color a azul, se debe a que el ácido clorhídrico al incrementar la temperatura reacciona con el calor. Trata de enfocar su respuesta empleando términos y conceptos termodinámicos, lo cual esta bien, pero no fundamenta su respuesta (no explica el cambio de color) lo único que hace es agrandar su explicación.

- *[Se observan cambios ligeros de color en el tubo X, esto se puede deber]...posiblemente el ácido clorhídrico tenga alguna reacción con respecto al calor o bueno la temperatura... Porque... hay... como un sistema ¿no?... cuando es cerrado, o sea puede entrar... energía pero no materia*

El alumno 9 relaciona los cambios de color con el movimiento de las partículas (del ácido clorhídrico y el agua destilada). De tal forma, al incrementar la temperatura se aumenta el movimiento de las mismas, aunque el emplea el término velocidad, en lugar de movimiento. No hay una asociación con un equilibrio dinámico, a pesar de contemplar el movimiento.

La respuesta del alumno 12 se encuentra enfocada en la presencia de un cambio químico, realiza un dibujo para explicar lo ocurrido en el cual parece que dibuja una doble flecha y se le pregunta sobre lo plasmado; respondiendo que no es una doble flecha simplemente la flecha esta invertida (\leftarrow). Lo anterior, refleja que el alumno no desconoce el tema y algunos conceptos del equilibrio químico, pero no cuenta con el conocimiento necesario que le permita concretar la parte conceptual de dicho tema. Por consiguiente presenta muchas dificultades en expresar sus ideas y deficiencias en su vocabulario.

Figura 8. Dibujo del alumno 12 (Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X)



•...bueno el CoCl_2 más H_2O más HCl por si solo ya es azul y al momento que lo calentamos, bueno aquí sería al revés, cuando lo metemos en algo caliente... se pone rosita...

Las siguientes tablas muestran los cuestionamientos realizados al término de las actividades experimentales. Dichas preguntas se realizaron con la intención de conocer si los alumnos habían identificado que los experimentos abordaban el tema del equilibrio químico, si habían logrado la conceptualización de dicho tema y si las analogías, utilizadas por el profesor titular del grupo, las empleaban en sus explicaciones.

Tabla No. 32. Explicación alumnos, la relación de todos los experimentos.

¿Existe alguna relación entre los primeros experimentos, en donde adicionas determinadas sustancias, con estos últimos en donde sólo calientas y enfrías?	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
La presencia de una reacción	1
Se utilizan los mismos reactivos, sustancias	4
El "cloro" es el encargado de los cambios de color	3
No hay relación	1
Se altera la velocidad de las partículas (ocasionando los cambios de colores)	1
Se presentan los mismos cambios de coloración	2
Comparten una "identidad" química	1
El agua y la temperatura	1

Del cuestionamiento planteado en la tabla 6.1, algunos alumnos presentaron más de una respuesta. Siendo tres las ideas que se repitieron con mayor frecuencia; estas son:

- “se utilizan los mismos reactivos, sustancias” (alumnos 5, 6, 7 y 10)
- “se presentan los mismos cambios de coloración” (alumnos 3 y 10)
- “el “cloro” es el encargado de los cambios de color” (alumnos 1, 6 y 11)

Las dos primeras ideas se encuentran enfocadas en un nivel macroscópico, lo cual no está mal, pero pone en evidencia lo “visual” que suelen ser algunos estudiantes ante la presencia de un fenómeno, independientemente de si es físico o químico. La última idea se encuentra orientada en un nivel microscópico, atribuyendo los cambios de color al “cloro” en todos los experimentos.

Las explicaciones de los alumnos 2, 9 y 12, también pueden ubicarse en un nivel microscópico. Considerando la presencia de un cambio químico (alumnos 2 y 12) como la relación que se presenta en todos los experimentos. Mientras que el alumno 9 asume que la relación entre todos los experimentos se debe a una alteración en la velocidad de las partículas lo que ocasiona los cambios de coloración.

El alumno 4 explicó que la relación encontrada en los experimentos se debía a la presencia del agua y la temperatura; a pesar de que en las últimas actividades se calentó y enfrió la disolución, pero la temperatura siempre estuvo presente al igual que el agua destilada.

El alumno 8 fue el único estudiante que explicó que no se presentaba ninguna relación entre los experimentos, explicando que los tubos A y D no fueron expuestos a un cambio de temperatura, por lo cuál no sucedió lo mismo.

Tabla No. 33. Empleo de analogías por los estudiantes en sus explicaciones.

En la clase del profesor (titular del grupo) se revisaron algunas analogías ¿alguna de ellas te serviría para explicar mejor los experimentos realizados?	
Enunciado o Idea	No. de repeticiones
No se recuerda ninguna analogía	8
Explicación de un ejemplo y no de una analogía	4

Se aclara que en ningún momento se consideró el análisis de las analogías empleadas por el profesor titular, al abordar el tema del equilibrio químico. Por no ser uno de los objetivos de estudio.

El cuestionamiento planteado en la Tabla No. 33 tuvo la intención de conocer qué tan significativo había sido, para los estudiantes, el tema del equilibrio químico. De tal forma, si el aprendizaje fue significativo en algún momento, en las explicaciones de los alumnos, se podría haber apreciado el uso o recuerdo de las analogías vistas en clase. Al no presentarse dicha situación, es que se planeó preguntarles de forma directa. Encontrándose que la mayoría de los estudiantes (1, 4, 5, 6, 9, 10, 11 y 12) no recordaban ninguna analogía que les permitiera explicar o complementar sus respuestas. Mientras que los alumnos 2, 3, 7 y 8 consideraron el concepto de analogía como sinónimo de ejemplo o actividad realizada en clase.

El alumno 2 emplea como analogía la utilización de indicadores de pH como el anaranjado de metilo lo que le permitió ver cómo reaccionaban ciertas sustancias y cómo cambiaban de coloración.

El alumno 3 responde que los ejemplos que le podrían ayudar a explicar mejor los experimentos son aquellos que se encuentran relacionados con reacción química y el de reacciones en donde se hace primero una y después se regresa (Asociación con la parte conceptual del equilibrio químico, reacciones reversibles).

El alumno 7 aunque no lo menciona de forma explícita, la situación o situaciones que le ayudarían a explicar mejor las actividades realizadas. Su respuesta se encuentra enfocada con el tema de reacción química.

•...cuando vimos la suma de algunos compuestos también de algunos productos... ciertos compuestos al hacerlos reaccionar pues se forman otros

El alumno 8 refiere la deficiencia de actividades experimentales, que le permitieran consolidar el tema en estudio. Los ejemplos con los que responde se encuentran orientados a temas termodinámicos, los cuales pueden involucrar el equilibrio químico, pero no de forma conceptual.

Para el último cuestionamiento “**¿Qué nombre le pondrías a los experimentos realizados?**” Las respuestas de los alumnos se presentan en la siguiente tabla y lo que se observa es que cada uno dio un nombre diferente.

Tabla 34. Nombre propuesto por los alumnos a los experimentos realizados.

Alumno	Nombre propuesto
1	• Ácidos y bases
2	• Reacción química, formas y productos • La verdad sobre la reacción química
3	• Reversas • Reacciones químicas reversas o inversas
4	• Reacciones oxido-reducción o ácido-base • Reacciones en procesos no exotérmicos
5	• Casos de reacciones reversibles e irreversibles en disoluciones
6	• pH
7	• Reacciones Químicas
8	• Factores que afectan a una reacción
9	• Concentración o Rapidez de reacción
10	• Reacciones del cloro • Cambios de temperatura
11	• Concentraciones y velocidad de reacción
12	• Reacciones Químicas

Se aprecia que la mayoría de los alumnos emplearon la palabra reacción en los posibles nombres; reflejando que a pesar de que muchas de sus explicaciones no aludían a un cambio químico, si contemplan la presencia de una reacción química. Otros nombres manifiestan la fuerte relación, que tienen algunos estudiantes, con temas como el de ácidos y bases, oxido reducción y concentración. Y a pesar de la relación establecida presentan grandes deficiencias, en términos, conceptos y vocabulario propios de cada tema.

Sólo dos alumnos (3 y 5) de manera explícita nombran los experimentos contemplando el tema del equilibrio químico. Lo cual, no asegura que el conocimiento en dicho tema se encuentre bien fundamentado y mucho menos tengan estructurado la parte conceptual del equilibrio químico, lo único que nos indica, desafortunadamente, es la asociación de las actividades experimentales con algún tema visto en el salón de clases.

Capítulo V. Conclusiones

Capítulo V. Conclusiones

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos y el análisis realizado, se concluye:

1.- Todos los alumnos presentaron deficiencias en el conocimiento y empleo de conceptos, términos, vocabulario y nomenclatura propios de la asignatura de Química, a nivel bachillerato. Lo que ocasiona que no tengan consolidados temas como cambio físico, disoluciones, diluciones, concentraciones, reacción química, por mencionar sólo algunos, temas fundamentales para comprender el equilibrio químico. De tal forma que, al no contar con el conocimiento previo mínimo necesario, los estudiantes no alcanzaron la conceptualización del tópico de interés para este trabajo. Por lo anterior, la hipótesis planteada no se cumplió, pues se pensó que los alumnos al abordar el tema con anterioridad en clase, contarían con los conocimientos necesarios que les permitiera explicar las situaciones experimentales desarrolladas durante este trabajo de investigación y poder caracterizar el equilibrio químico. Desafortunadamente, al presentar las deficiencias ya mencionadas, difícilmente los estudiantes podrían haber caracterizado el equilibrio químico, porque sus conocimientos previos no les permiten estructurar un concepto que contempla e integra muchos otros tópicos, como el de reacción química, que es un tema relevante para poder caracterizar y conceptualizar el equilibrio químico.

2.- Derivado del punto anterior, a pesar de que los estudiantes manifiestan la presencia de un cambio químico, debido a los cambios de color observados en cada experimento (forma macroscópica de identificar la presencia de una reacción) no pueden fundamentar su respuesta (por falta de conocimiento y vocabulario científico) y emplean palabras que hacen referencia a un cambio físico (mezclar, combinar, juntar, etc.). Sin considerar términos o palabras (unión, enlace, etc.) que aludan a una reacción química.

3.- En relación con los cambios de color, vistos en los experimentos, utilizan palabras como regresar y volver, pero éstas sólo se encuentran asociadas a

un retorno en la coloración (algo visible y macroscópico) y no consideran los conceptos de reacciones reversibles e incompletas.

4.- La mayoría de los alumnos presentan una fuerte relación con el tema de ácidos y bases, y en menor grado con el tema de óxido-reducción. Lo cual pone de manifiesto el énfasis con el que son abordados dichos temas a nivel bachillerato y en el caso del primer tema, la habitualidad con la que puede presentarse en la vida cotidiana de los alumnos. Pero el hecho de que sean tópicos recurrentes o en donde los profesores hacen mucho énfasis en su enseñanza no garantiza el dominio y comprensión de los mismos; pues nuevamente los estudiantes reflejan muchas deficiencias en vocabulario, conceptos y conocimientos en general de los temas señalados. A pesar de todo, resulta interesante el hecho de que los estudiantes, a su parecer, explican las actividades realizadas y al final de la entrevista proporcionan un nombre a los experimentos. Por lo tanto, se podría pensar que, para los alumnos, es suficiente conocer el tema de ácidos y bases y el de óxido-reducción porque a partir de ellos pueden explicar muchas situaciones y fenómenos, no necesariamente en el ámbito escolarizado. Es decir, con base en los resultados obtenidos; los dos temas antes mencionados (óxido-reducción y ácidos y bases) fungieron, para la mayoría de los alumnos entrevistados, como soporte de sus explicaciones y respuestas proporcionadas durante la entrevista.

5.- Se comprobó que el diseño de las actividades, así como el orden en que fueron presentadas es el adecuado porque a pesar de que los estudiantes no lograron caracterizar el concepto del equilibrio químico. Algunos de ellos si pudieron asociar mediante palabras, expresiones y ejemplos, que se contemplaba el equilibrio químico en los experimentos. Lo cual no sucedido en los resultados obtenidos de las primeras entrevistas realizadas a diferentes alumnos y que se encuentran explicados en el Capítulo I (Evolución del trabajo de tesis).

6.- El diseño de la entrevista no fue del todo correcto, ya que al ser una entrevista semiestructurada, al momento del análisis de resultados se presentó la dificultad de que en algunas actividades, a pesar de distinguir una misma

idea, entre los alumnos participantes, el empleo inadecuado de palabras y conceptos podría manifestar que todos los entrevistados presentaban diferentes ideas. Lo cual dificultó la interpretación de los resultados. Por lo cual, una de las modificaciones que se podrían hacer, para futuras investigaciones, es contar con una entrevista estructurada que permita un mayor orden en las respuestas obtenidas y facilitar su interpretación; o bien, seguir manejando una entrevista semiestructurada pero complementarla con instrumentos o nuevas actividades que consoliden las ideas y explicaciones proporcionadas por los alumnos.

A pesar de que la hipótesis planteada en el presente trabajo no se cumplió, la importancia de haber desarrollado este proyecto de investigación radica en que el experimento utilizado, independientemente de las modificaciones hechas, es un experimento que cotidianamente es empleado para contemplar y explicar el equilibrio químico. Por los resultados obtenidos, se demostró que los alumnos no tienen los elementos necesarios para entender la actividad y fenómenos que se les presentan relacionados con el equilibrio químico.

De tal manera, del estudio realizado pueden surgir varias propuestas para la construcción o complementación de la parte conceptual del equilibrio químico. De hecho, las actividades diseñadas, la forma en que fueron presentadas y la entrevista (a pesar de los inconvenientes, ya mencionados) pueden servir como un facilitador o herramienta de enseñanza y aprendizaje que ayude, a los estudiantes, a caracterizar y conceptualizar el tópico en estudio.

Desafortunadamente si los alumnos presentan deficiencias en temas anteriores, que son punto de partida para abordar el equilibrio químico, como sería el tema de reacción química, cualquier diseño, estrategia, analogía, herramienta, unidad didáctica, etc. que se desee implementar, se verá limitada por las carencias propias de los alumnos. Ya que el equilibrio químico es un tema integrador de varios conceptos y si no se tienen bien comprendidos, el equilibrio químico, en general, seguirá siendo un tema memorístico y de resolución de problemas, sin que se entienda lo que es y lo que implica.

Capítulo VI. Anexos

ANEXO I. FIGURAS

Figuras

Alumno 1

Figura No. 1. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

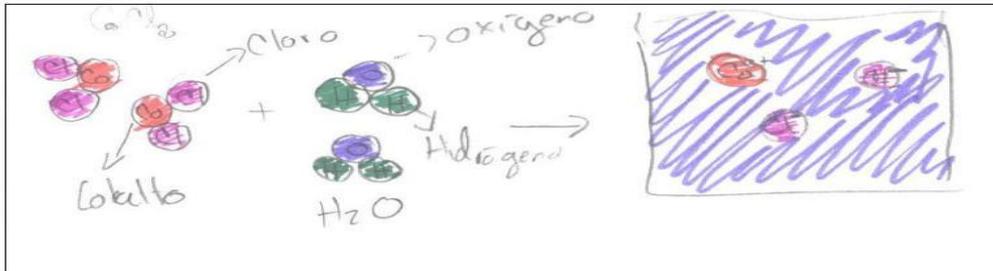


Figura No. 2. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

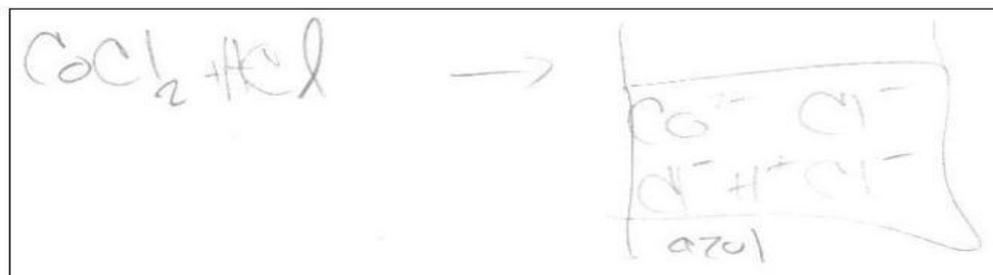
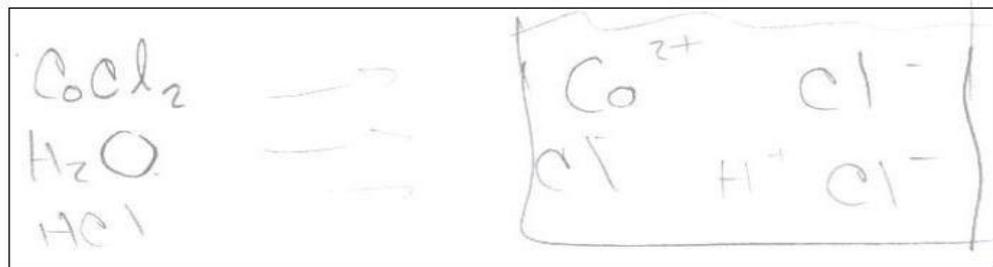


Figura No. 3. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

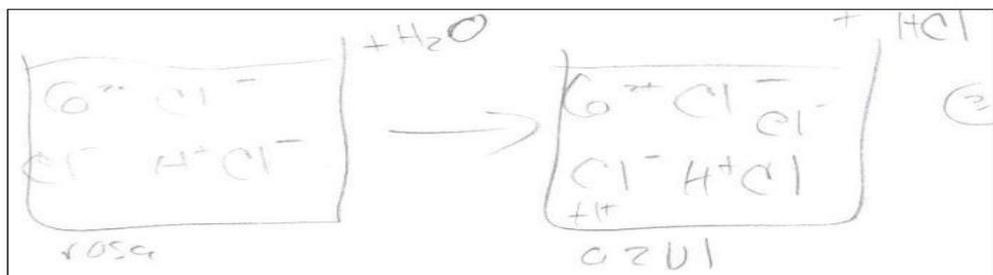
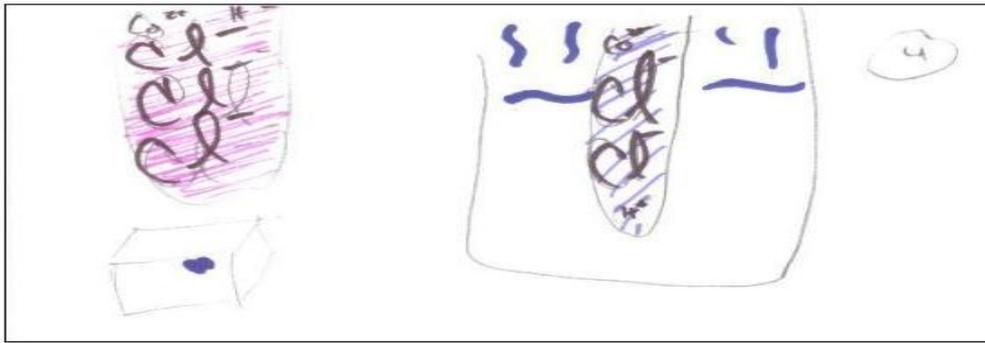


Figura No. 4. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 2

Figura No. 5. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.



Figura No. 6. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

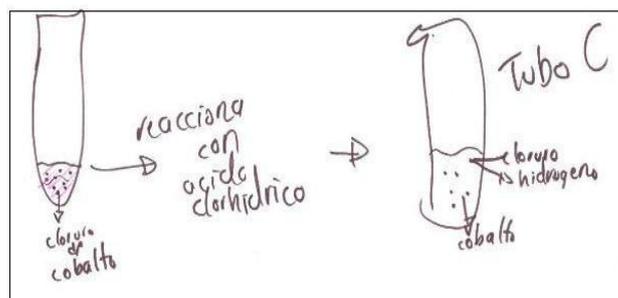


Figura No. 7. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

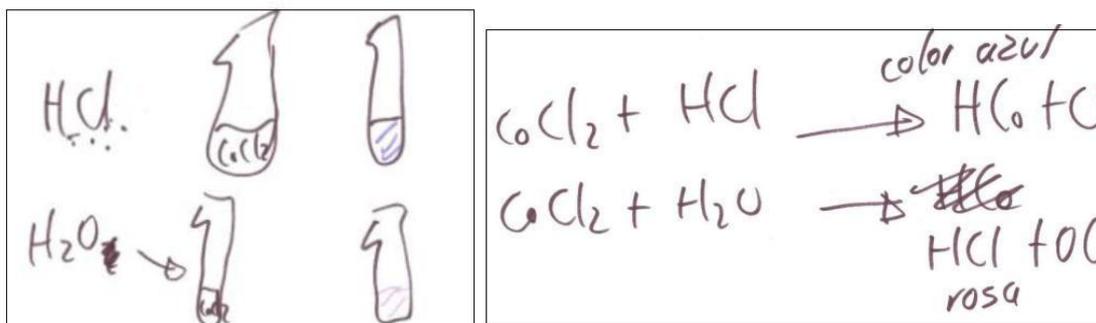
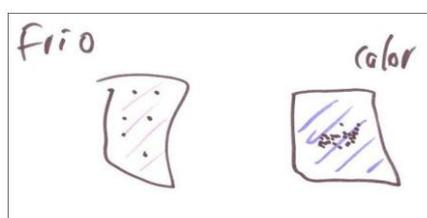


Figura No.8. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 3

Figura No. 9. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

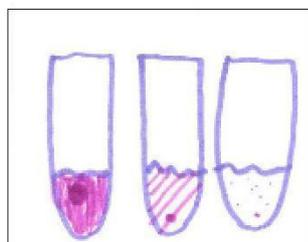


Figura No. 10. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

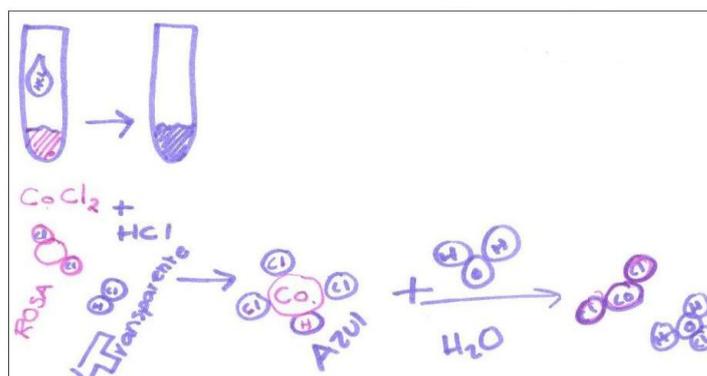


Figura No. 11. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

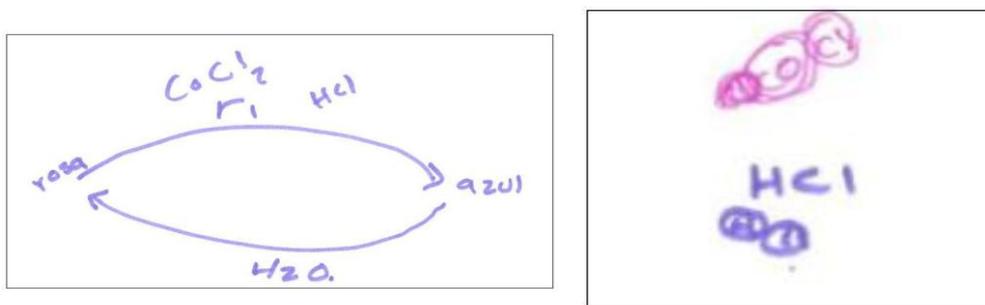
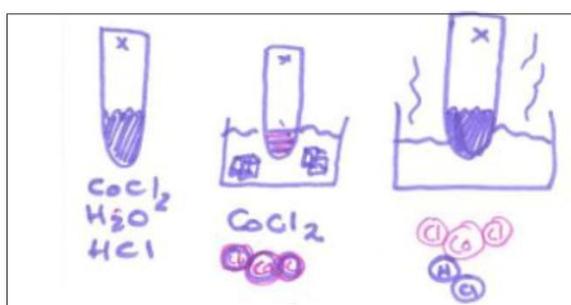


Figura No. 12. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 4

Figura No. 13. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

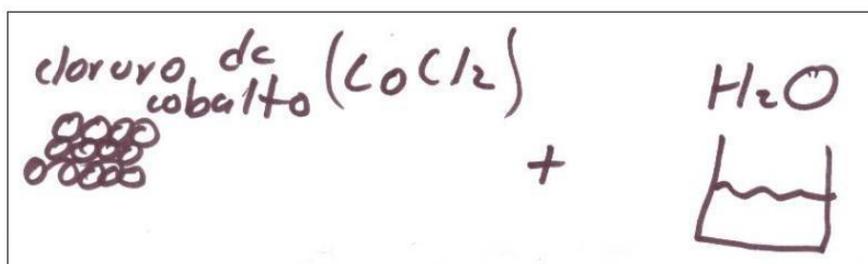


Figura No. 14. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

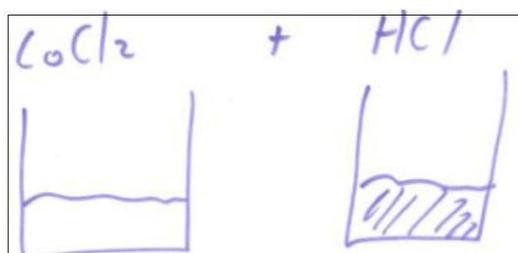


Figura No. 15. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

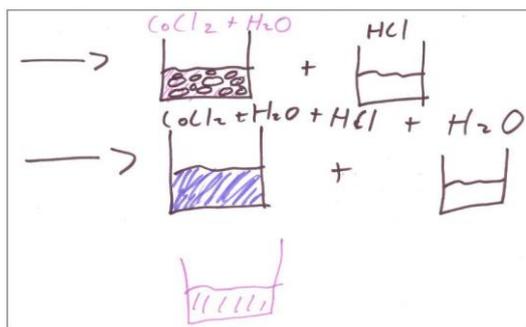
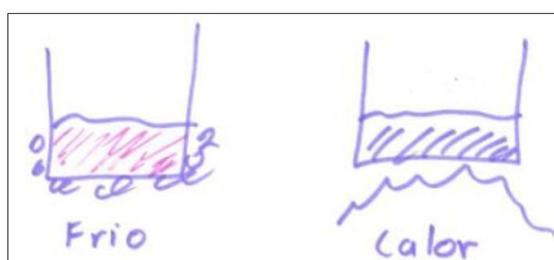


Figura No. 16. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 5

Figura No. 17. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

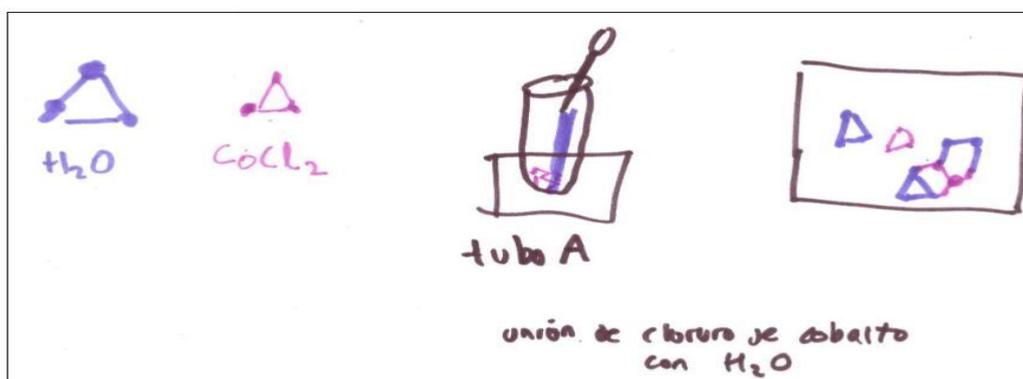


Figura No. 18. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

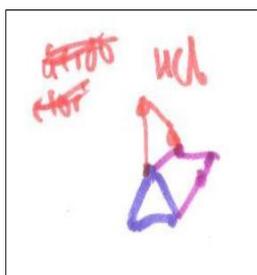


Figura No. 19. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

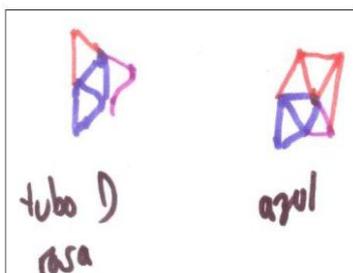
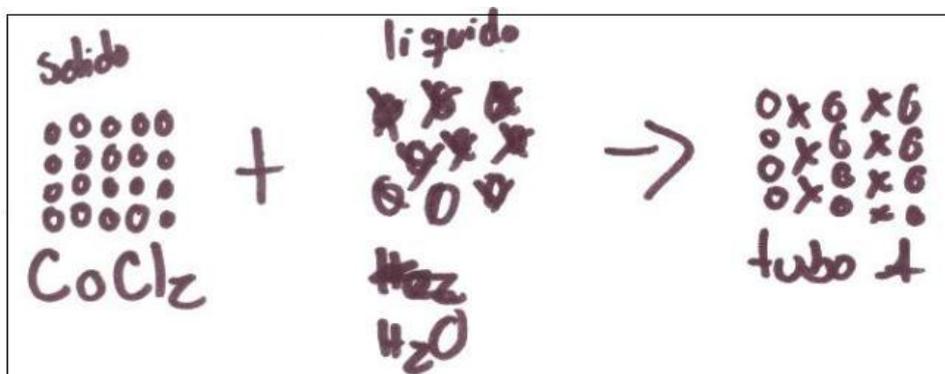


Figura No. 20. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 6

Figura No. 21. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.



Nota: El alumno No. 6, a pesar de solicitarle realizar los demás dibujos respondió que no podía hacerlos; por lo cual no los elaboró.

Alumno 7

Figura No. 22. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

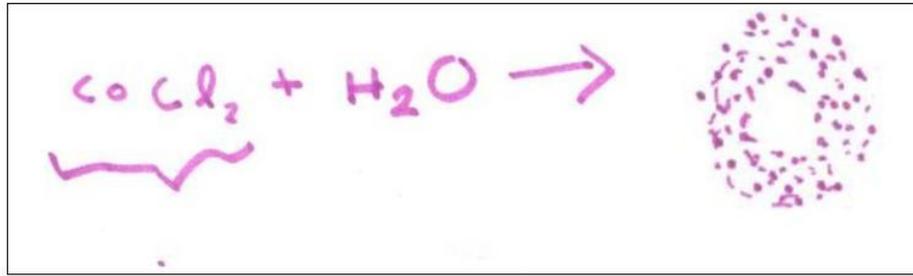


Figura No. 23. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.



Figura No. 24. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

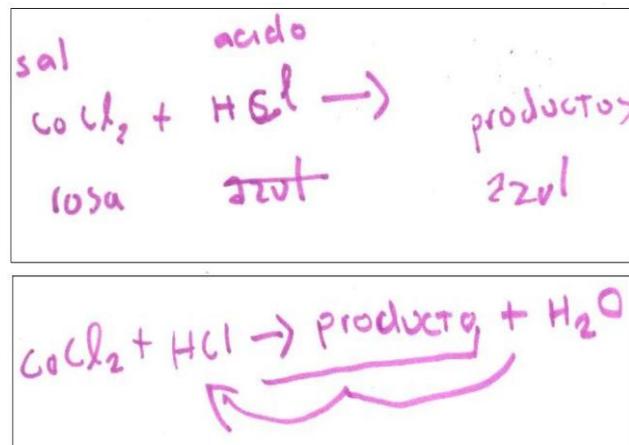
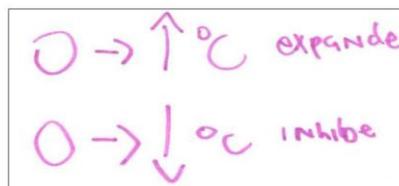


Figura No. 25. Experimento 5 - Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 8

Figura No. 26. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

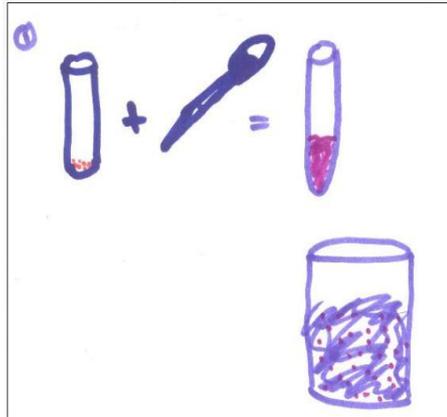


Figura No. 27. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

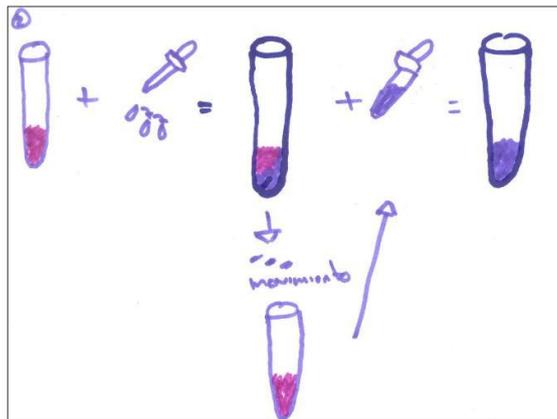


Figura No. 28. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

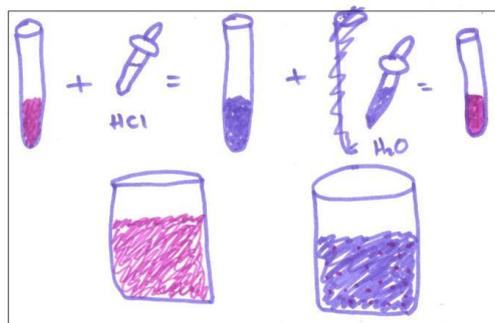
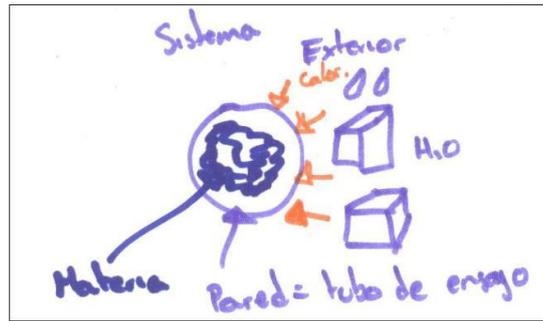


Figura No. 29. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 9

Figura No. 30. Experimentos 1, 3 y 4

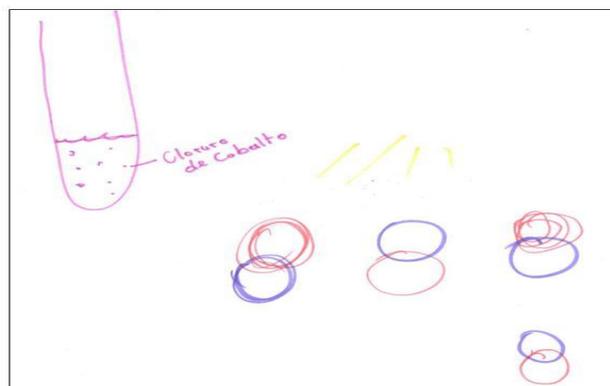
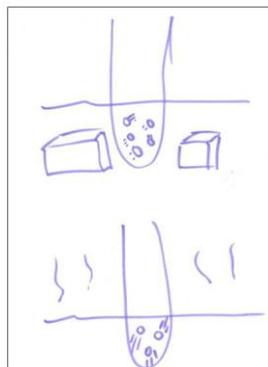


Figura No.31. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 10

Figura No. 31. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.



Figura No. 32. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

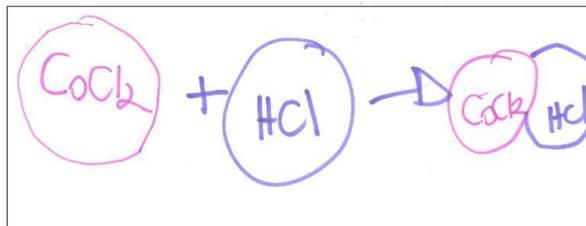


Figura No. 33. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

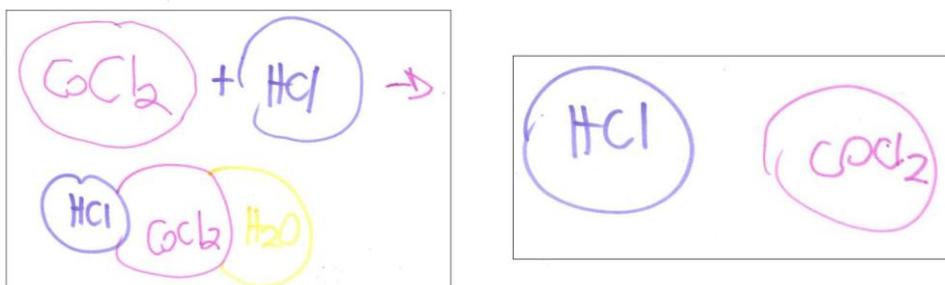
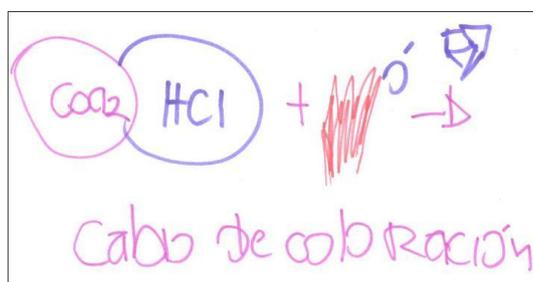


Figura No. 34. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



Alumno 11

Figura No. 35. Experimentos 1 y 3.

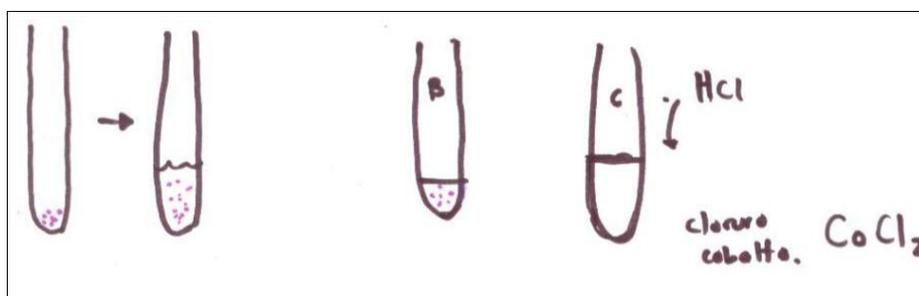
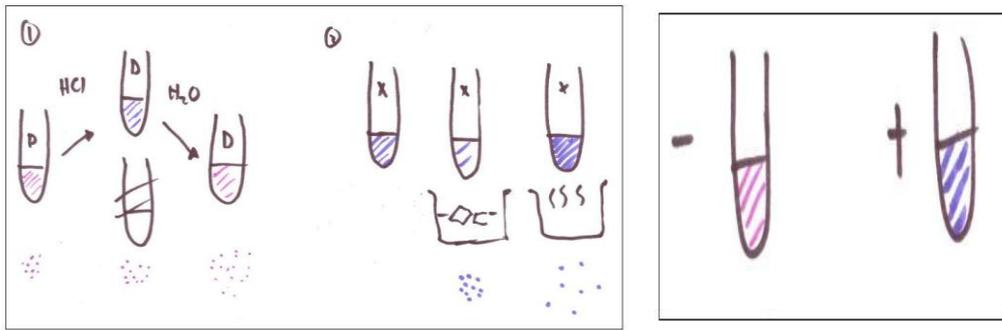


Figura No. 36. Experimentos 4 y 5.



Alumno 12

Figura No. 37. Experimento 1 - Disolución de cloruro de cobalto.

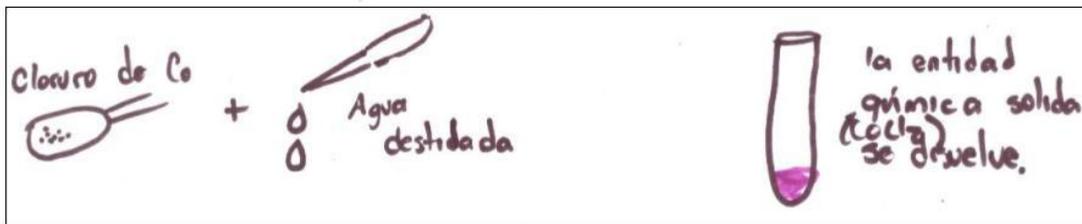


Figura No. 38. Experimento 3 - Adición de ácido clorhídrico concentrado a la disolución de cloruro de cobalto.

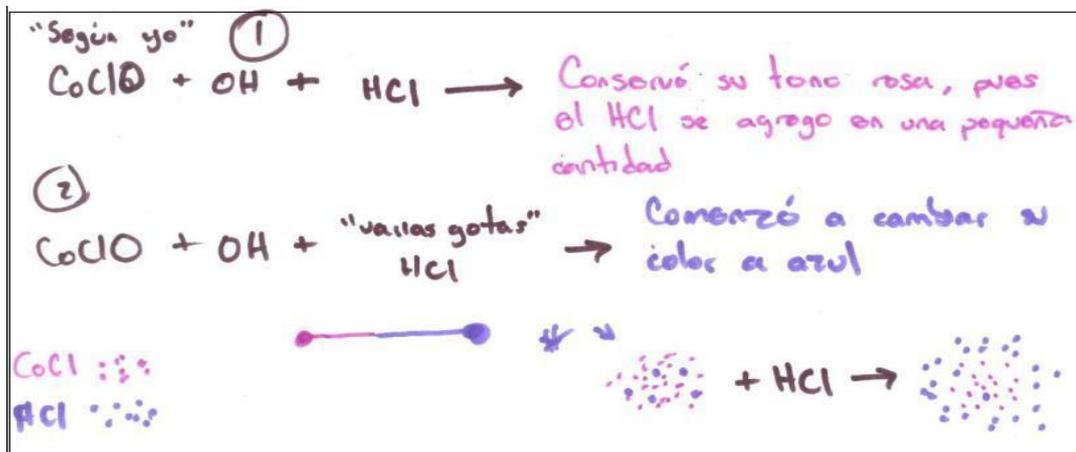
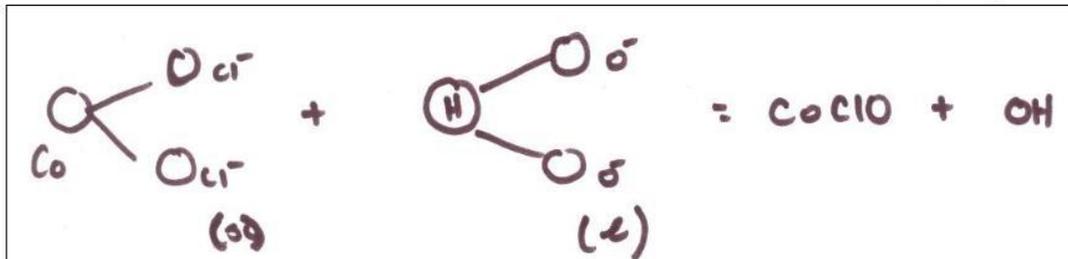


Figura No. 39. Experimento 4 - Diferencias entre la coloración azul y rosa.

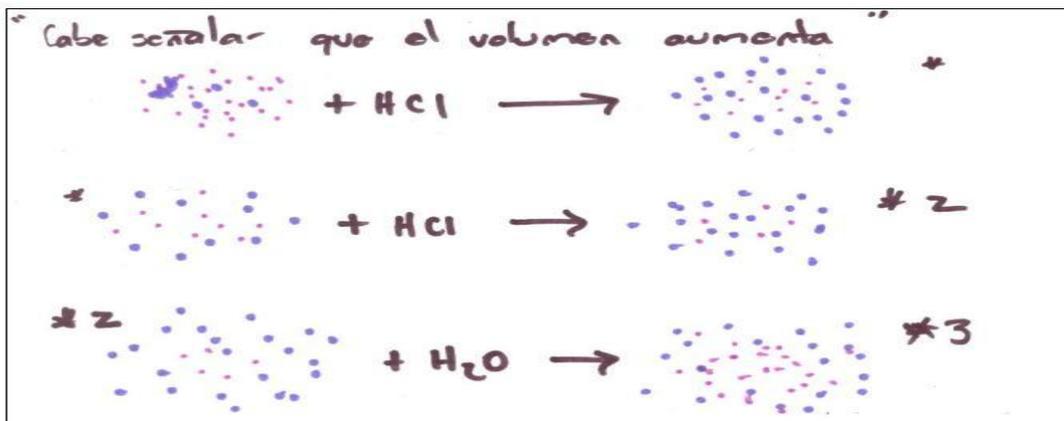
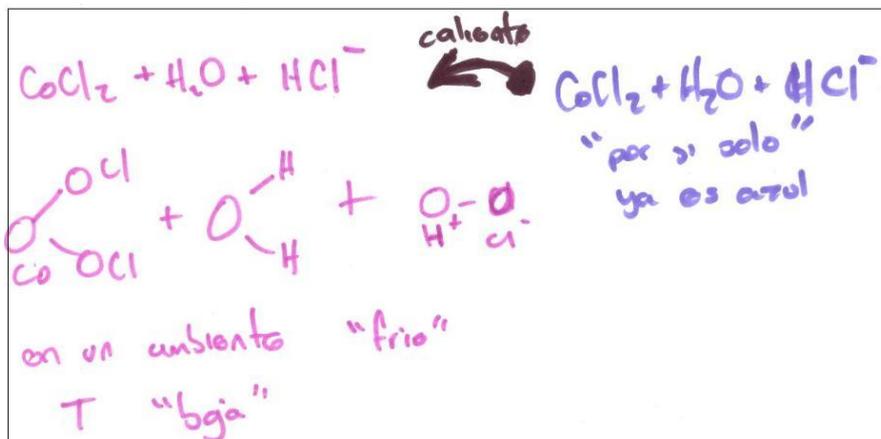
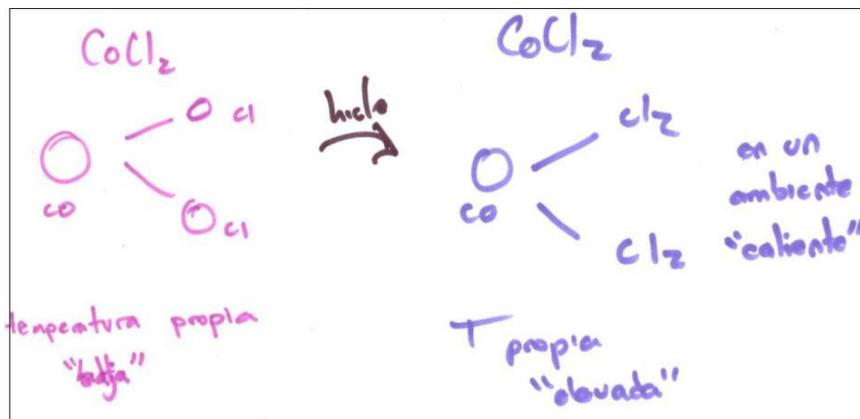
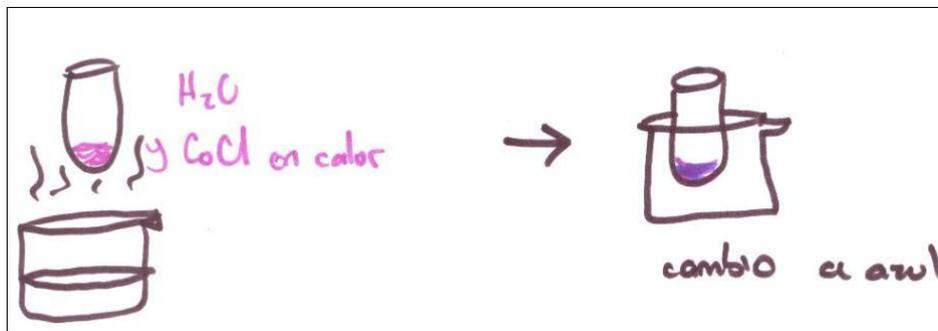


Figura No. 40. Experimento 5 – Calentamiento y enfriamiento del Tubo X.



ANEXO II. CARTAS

Carta autorización para la Directora de la ENP No.6

México DF a 13 de enero 2009

Mtra. Silvia E. Jurado Cuéllar
Directora del Plantel 6 “Antonio Caso”
Escuela Nacional Preparatoria
Universidad Nacional Autónoma de México

Estimada Maestra Silvia Jurado:

Por medio de la presente me permito distraerla de sus actividades para darle a conocer parte del proyecto de investigación que se pretende realizar como trabajo de tesis en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) y seguir solicitando su apoyo, como ha sido hasta el momento, y de esta forma conseguir las metas propuestas.

Como es de su conocimiento me encuentro realizando la Práctica Docente (asignatura de la maestría) en el plantel 6 de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), en donde el Profesor Reyes Martín Mata Franco quien funge como mi asesor. El nombre del proyecto es **“Explicación de un experimento sobre el equilibrio químico de alumnos de bachillerato”**. Cuya tutora académica es la Dra. Kira Padilla Martínez y como cotutora la Dra. Alejandra García Franco.

El proyecto de investigación contempla el estudio de temas que se abordan y se encuentran contenidos dentro de los planes de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la asignatura de Química IV área I (físico-matemáticas). Las actividades a realizar comprenden experimentos sencillos y de corta duración en el laboratorio, referentes al tema de estudio, en donde los alumnos además de realizar la actividad experimental, serán entrevistados y videograbados, con la finalidad de que pongan de manifiesto la forma en que van elaborando y utilizan sus conocimientos sobre el tema del equilibrio químico. Lo que, después de un riguroso estudio y análisis nos podrá permitir conocer las explicaciones y cómo conceptualizan el tópico en estudio.

Se realizará una entrevista y videograbación, por alumno participante, (previo consentimiento de los padres o tutores) al término del tema. Las actividades extracurriculares se tienen planeadas realizar dentro del mismo plantel en las áreas específicas y determinadas para dichas labores, sin interferir y causar alguna alteración o modificación dentro de las actividades académicas ya programadas. El tiempo estimado de las entrevistas y actividades es de una hora (aproximadamente) por estudiante. Se les proporcionará todo el material requerido y ellos únicamente deberán llevar su equipo de protección (bata, lentes de protección y guantes).

De esta forma le solicito permiso para hacer uso de las instalaciones del plantel durante los horarios que sean convenientes tanto para los estudiantes como para la institución.

Sin más por el momento y agradeciendo la atención a la presente, quedo de usted.

ATENTAMENTE:

Q.F.B Carlos Catana Ramírez

Carta informativa para el profesor titular

México DF a 13 de enero 2009

Profesor Reyes Martín Mata Franco
Escuela Nacional Preparatoria, Plantel 6 “Antonio Caso”
Universidad Nacional Autónoma de México

Estimado Profesor

Por medio de la presente me permito distraerlo de sus actividades para darle a conocer parte del proyecto de investigación que se pretende realizar como trabajo de tesis en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) y solicitar su apoyo, como el brindado hasta el momento, para lograr los fines planteados.

El nombre del proyecto es **“Explicación de un experimento sobre el equilibrio químico de alumnos de bachillerato”**.

Para lo cual le solicito autorice la participación de 12 de sus alumnos en una serie de actividades extracurriculares dentro del plantel. El proyecto de investigación contempla el estudio de temas que se abordan y se encuentran contenidos dentro de los planes de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la asignatura de Química IV área I (físico-matemáticas).

Las actividades a realizar comprenden experimentos sencillos y de corta duración en el laboratorio, referentes al tema de estudio, en donde los alumnos además de realizar la actividad experimental, serán entrevistados y videograbados, con la finalidad de poner de manifiesto la forma en que van elaborando y utilizan sus conocimientos, referentes al equilibrio químico. Lo que, después de un riguroso estudio y análisis nos podrá permitir conocer las explicaciones y cómo conceptualizan el tópico en estudio.

Se realizará una entrevista y videograbación, por alumno participante, (previo consentimiento de los padres o tutores) al término del tema. El tiempo estimado de las entrevistas y actividades es de una hora por estudiante (aproximadamente). Todo el material requerido se les proporcionará y únicamente, los estudiantes, deberán llevar su equipo de protección (bata, lentes de protección y guantes). Con lo anterior, me gustaría contar con su apoyo y ayuda durante la realización de dicho proyecto, respetando las políticas y lineamientos de la institución.

Sin mas por el momento y agradeciendo la atención a la presente, quedo de usted.

ATENTAMENTE:

Q.F.B Carlos Catana Ramírez

Carta Invitación

México DF a 20 de abril 2009

Asunto: Carta-invitación para participar en el proyecto de investigación desarrollado por el Q.F.B Carlos Catana Ramírez como parte del trabajo de tesis en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS)

Estimado alumno Presente

Por medio de la presente recibe un cordial saludo y una atenta invitación para participar en el proyecto de investigación, en el cual me encuentro trabajando, como un apoyo en el desarrollo de la tesis en Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), en donde actualmente estoy inscrito.

El proyecto de investigación contempla el estudio de temas que se abordan y se encuentran contenidos dentro de los planes de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la asignatura de Química IV área I (físico-matemáticas) en el que te encuentras inscrito.

Durante el proyecto realizarás varias actividades, dentro de las cuales se encuentra la realización de experimentos sencillos y de corta duración en el laboratorio. Además recibirás todos los materiales y reactivos necesarios para la elaboración de los experimentos, únicamente te solicito que lleves una bata de algodón, lentes de protección y guantes como materiales de uso personal. Si tienes el cabello largo es importante que lo sujetes adecuadamente antes de entrar al laboratorio. El material de uso personal, así como la recomendación para el cabello forman parte de las medidas preventivas y de seguridad previamente establecidas por la institución.

Se realizará una entrevista y videograbación, durante las actividades desarrolladas. El tiempo estimado para realizar la actividad es de 1 hora.

Tu participación y ayuda es muy importante durante todo el proyecto, de esta forma requiriendo personas comprometidas con lo que hacen, por lo cual espero contar con tu valiosa colaboración y apoyo en la realización de este trabajo.

Sin más por el momento, recibe un reconocimiento sincero por tu interés y participación dentro del área académica.

ATENTAMENTE:

Q.F.B Carlos Catana Ramírez

Carta consentimiento para la videograbación

México DF a 12 de enero 2009

Asunto: Carta consentimiento para la videograbación de las diferentes actividades extracurriculares realizadas por el alumno (**nombre del alumno**), que participa y se encuentra apoyando el proyecto de investigación desarrollado por el Q.F.B Carlos Catana Ramírez como parte del trabajo de tesis en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS)

Estimado alumno y Padres de familia Presentes

Por medio de la presente reciban un cordial saludo, el motivo de esta carta es para solicitar su autorización, para videograbar las diferentes actividades extracurriculares, que su hijo(a) realizará como parte de su participación en el proyecto de investigación, en el cual me encuentro trabajando y que es parte de mi trabajo de tesis en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), en donde actualmente estoy inscrito.

El proyecto de investigación contempla el estudio de temas que se abordan y se encuentran contenidos dentro de los planes de estudio de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la asignatura de Química IV área I (físico-matemáticas).

Durante el proyecto los alumnos realizarán varias actividades, dentro de las cuales se encuentra la realización de experimentos sencillos y de corta duración en el laboratorio. Todos los alumnos participantes recibirán los materiales y reactivos necesarios para la elaboración de los experimentos, únicamente se les solicitará que lleven una bata de algodón, lentes de protección y guantes como materiales de uso personal. En el caso de las mujeres y hombres que cuenten con el cabello largo, antes de entrar al laboratorio deberán de sujetar su cabello adecuadamente el material de uso personal, así como la última recomendación forman parte de las medidas preventivas y de seguridad previamente establecidas por la institución.

Se realizará una entrevista y videograbación durante las actividades desarrolladas por los estudiantes. El tiempo estimado para realizar la actividad es de 1 hora.

A pesar de contar con la colaboración de varios alumnos, las entrevistas y videograbaciones se realizarán de forma individual, con la finalidad de evitar diferentes distractores y aprovechar al máximo la participación de cada uno de ellos.

Toda la información proporcionada por los estudiantes durante las entrevistas y videograbaciones será confidencial y su uso quedará a disposición del presente con una finalidad estrictamente académica.

Sin en un momento determinado se desea conocer el contenido de la videograbación, éste se encontrará a su disposición previa solicitud por parte del estudiante, padres o tutor.

Su participación y ayuda es muy importante durante todo el proyecto, requiriendo personas comprometidas con lo que hacen, por lo cual espero contar con su valiosa colaboración y apoyo en la realización de este trabajo.

Sin más por el momento, reciban un reconocimiento sincero por su interés y participación estudiantil dentro del área académica.

ATENTAMENTE:

Q.F.B Carlos Catana Ramírez

Me encuentro informado y autorizo la video grabación de las diferentes actividades, que realizará mi hijo(a) como parte del proyecto de investigación realizado por el Q.F.B Carlos Catana Ramírez

Nombre del padre o tutor: _____

Firma: _____

ANEXO III.
CUESTIONARIO
ENTREVISTA

Cuestionario entrevista

I.- Se le muestran al alumno los dos compuestos sólidos con los que trabajará (cloruro de cobalto hexahidratado y el cloruro de sodio)

Pregunta: ¿De qué color son?

II.- Experimento I

Se le pide al alumno que prepare una disolución de cloruro de cobalto, la cual estará contenida en un tubo de ensayo, previamente identificado como Tubo A.

Preguntas:

- ¿De qué color ves la disolución obtenida?
- ¿Qué sucede cuando se adiciona agua destilada al cloruro de cobalto sólido?
- Menciona ¿qué especies químicas crees que tienes en la disolución?
- ¿Podrías hacer un dibujo, en donde representes lo que te imaginas, a nivel de partículas, moléculas, átomos o iones?

III.- El alumno, con ayuda de una pipeta, distribuye volúmenes, aproximadamente iguales en tres tubos de ensayo diferentes identificados como Tubo B, C y D, de una disolución de cloruro de cobalto, previamente preparada por el entrevistador.

IV.- El entrevistador muestra una disolución sobresaturada de cloruro de sodio y pregunta al alumno:

Pregunta: ¿Qué es una disolución sobresaturada?

V.- Experimento 2

El alumno adiciona la disolución sobresaturada de cloruro de sodio, en el Tubo B, hasta observar un cambio.

Preguntas:

- ¿Qué pasó al adicionar la disolución sobresaturada de cloruro de sodio en el Tubo B?
- ¿Qué se observa al comparar el Tubo B con el Tubo A?

VI.- Experimento 3

3.1.- El estudiante adiciona gota a gota ácido clorhídrico concentrado al Tubo C, dejando resbalar la gota por las paredes del tubo. El tubo **NO se agita**.

Preguntas:

- ¿Qué sucedió al agregar unas gotas de ácido clorhídrico concentrado en el Tubo C?
- ¿Qué pasaría si se agita el Tubo C?

3.2.- Se le pide al entrevistado agitar el Tubo C y que explique lo ocurrido.

Preguntas:

- ¿Qué observaste?
- ¿Qué crees que ocurrirá? Si se adiciona más ácido clorhídrico concentrado.

3.3.- El alumno adicionará nuevamente ácido clorhídrico concentrado, agregando todo el volumen contenido en el gotero. La adición ya no es de gota en gota y se agita el tubo.

Preguntas:

- ¿Qué sucedió?
- El Tubo C adquirió una coloración azul ¿cómo explicas lo ocurrido?
- ¿Cuáles son las especies químicas contenidas en el Tubo C?
- ¿Podrías hacer un dibujo en donde representes lo ocurrido, a nivel de partículas, moléculas, átomos o iones?

VII.- Indicar al alumno que mediante la adición de ácido clorhídrico concentrado cambie la coloración del Tubo D (rosa) hasta obtener una coloración azul.

VIII.- Del Tubo D, ya de color azul, el alumno deberá dividir el volumen obtenido en partes iguales. Una mitad permanecerá contenida en dicho tubo y la restante se le pedirá que la adicione en el Tubo X, previamente identificado.

IX.- Continuar el trabajo experimental con el Tubo D.

Pregunta:

- ¿Qué pasará? Si al Tubo D se le adiciona agua en vez de continuar con la adición de ácido clorhídrico concentrado.

X.- Experimento 4

4.1 El estudiante comenzará con la adición de agua destilada, hasta observar un cambio en el Tubo D.

Preguntas:

- ¿Puedes describir qué pasó?
- Si el alumno menciona la palabra “regresar” (o algún sinónimo de ella) se le pregunta ¿cuál es su significado?
- ¿A qué se debe la coloración rosa en el Tubo D?

4.2.- Se cuestiona al alumno sobre qué pasará si en lugar de continuar con la adición de agua, adicionará nuevamente ácido clorhídrico.

Pregunta:

- ¿Qué pasaría si se adiciona nuevamente ácido clorhídrico concentrado al Tubo D?

4.3.- Se le pide al estudiante que adicione nuevamente ácido clorhídrico concentrado en el Tubo D hasta observar un cambio.

Pregunta:

- ¿Qué sucedió?

4.4.- Se le pregunta nuevamente, al alumno, qué pasaría si adiciona nuevamente agua destilada al mismo tubo (Tubo D)

Pregunta:

- ¿Qué pasará si se adiciona nuevamente agua destilada al Tubo D?

4.5.- Agregar nuevamente agua destilada en el Tubo D hasta observar un cambio.

Preguntas:

- ¿Qué ocurrió?
- ¿A qué se deben las diferencias entre la coloración rosa y azul?
- ¿A qué se debe el color rosa?
- ¿A qué se debe el color azul?
- ¿Por qué se presentan dos coloraciones simultáneas en el mismo tubo?

XI.- Antes de comenzar con la parte experimental No. 5 se recomienda contar con un baño María y un recipiente con agua y hielos, los cuales se utilizarán conforme se realicen las actividades contempladas en dicho apartado.

XII.- Experimento 5

5.1.- El alumno trabajará con el Tubo X (el cual se obtuvo en el punto VIII de la metodología).

5.2.- Se cuestiona al alumno sobre qué ocurriría si se enfría el Tubo X, con ayuda de un contenedor con hielos.

Pregunta:

- ¿Qué pasaría si el Tubo X se enfría?

5.3.- Se solicita al estudiante colocar, con cuidado, el Tubo X en un recipiente con agua y hielos, dejándolo reposar aproximadamente 2 min. agitándolo periódicamente.

5.4.- Transcurrido el tiempo, pedirle al alumno sacar el tubo X del contenedor, observarlo y posteriormente colocarlo en una gradilla.

Pregunta:

- ¿Qué sucedió?
- ¿A qué crees que se deba el cambio de coloración en el Tubo X después de enfriarlo?

5.5.- Preguntarle al alumno qué pasaría si en lugar de enfriar el Tubo X, ahora lo sometiera a calentamiento con ayuda de un baño María

Pregunta:

- ¿Qué crees que ocurrirá si sometemos a calentamiento el Tubo X?

5.6.- Pedirle al alumno colocar, con cuidado, el Tubo X en el baño María y dejar que repose aproximadamente 2 min. agitándolo periódicamente.

5.7.- Transcurrido el tiempo, pedirle al estudiante sacar el tubo X, del baño María, observarlo y posteriormente colocarlo en una gradilla.

Preguntas:

- ¿Qué sucedió?
- ¿A qué crees que se deba el cambio de coloración en el Tubo X después de calentarlo?

XIII.- Concluidas las actividades experimentales, realizar los tres siguientes cuestionamientos y dar por terminada la entrevista.

Preguntas:

- ¿Existe alguna relación entre los primeros experimentos, en donde adionas determinadas sustancias, con estos últimos en donde sólo calientas y enfrías?
- En la clase del profesor (titular del grupo) se revisaron algunas analogías ¿alguna de ellas te serviría para explicar mejor los experimentos realizados?
- Si tuvieras que nombrar los experimentos hechos ¿qué nombre les pondrías?

XIV.- El entrevistador se despide agradeciendo la participación de los alumnos y concluye la entrevista.

Capítulo VII. Bibliografía

Capítulo VII. Bibliografía

7. Bibliografía

- Adúriz, A., Izquierdo, M., Estany, A. (2002). Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación. *Enseñanza de las Ciencias*. 20(3), p. 465-476.
- Andrés, D., Antón, J., Barrio, J. (2003). 2º Bachillerato. Ciencias de la Naturaleza y de la Salud. En Andrés et al (2003). *El equilibrio químico* (p.224-261). España, Madrid: EDITEX.
- Bello, S., (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15[3], p. 210-217.
- Brady, J. (2003). Química Básica, Principios y Estructura. En Brady, J. (2003). *Equilibrio Químico en Sistemas Gaseosos* (p. 529-557). (2ª ed.). México, D.F.: Limusa.
- Brown, T., Le May, H., Bursten, B., Burdge, J. (2004). Química. La ciencia central. En Brown et al. (2004). *Equilibrio químico* (p. 574-611). (Novena ed.). México, DF: Person Prentice Hall.
- Chang, R. (2010). Química. En Chang, R. (2010). *Equilibrio químico* (p. 614-657). (10ª ed.). México, DF: McGraw Hill.
- De Posada, J., (2002). Memoria, cambio conceptual y aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), p. 92-113.
- Delval, J., (2001). Hoy todos son constructivistas. *Educere. La revista venezolana de Educación*. Octubre-diciembre, 5(15), p. 353-359.

- Duit, R., Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), p. 671-688.
- Ganaras, K., Dumon, A., Larcher, C. (2008). Conceptual integration of chemical equilibrium by prospective physical sciences teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, p. 240-249.
- Garritz, A. (2000). De ideas previas y enseñanza de la química. *Educación Química*, 11(2), p. 211-212.
- Garritz, A. (2000 b). Más sobre ideas previas y enseñanza de la química. *Educación Química*, 11(3), p. 291-292.
- Harrison, A.G., De Jong, O. (2005). Exploring the Use of Multiple Analogical Models When Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (10), p.1135-1159.
- Huerta, P., Irazoque, G. (2009). El equilibrio químico, una investigación de aula. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 2653-2657.
- Izquierdo, M. (2006). La educación química frente a los retos del tercer milenio. *Educación Química*. IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza, 17 (x). p. 114-128.
- Izquierdo, M. (2006). Por una enseñanza de las ciencias fundamentada en los valores humanos. *Revista Mexicana de investigación Educativa*, 11(30), p. 867-882.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 [2], p. 173-184.

- Marín, N. (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las ciencias, número extra, pp. 43-55.
- Medina, J., Martínez, R., Ramírez, J. (2002). Otra analogía para definir el equilibrio químico. Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol.1, p. 81-84.
- Meinardi, E. (2010). El aprendizaje de los contenidos científicos. En Meinardi, E. (2010). Educar en Ciencias (p.131-164). (1ª ed.). Buenos Aires: PAIDÓS.
- Niaz, M. (1995). Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemicals equilibrium. Int.J. Sci. Educ., 17(3), p. 343-355.
- Pozo, I., Gómez, M. (2006). El aprendizaje de conceptos científicos: del aprendizaje significativo al cambio conceptual. En Pozo, I., Gómez, M. (2006). Aprender y enseñar ciencia (p. 84-127). (5ª ed.). Madrid: Morata.
- Quílez, J. (1998). Química Bachillerato 2. Madrid, España: ECIR.
- Quílez, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas implicaciones didácticas. Educación Química. 13 [2], p. 101-112.
- Quílez, J. (2004). A historical approach to the development of Chemicals equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. Chemistry Educación: Research and Practice. Vol.5, No.1, p. 69-87.
- Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. Enseñanza de las Ciencias. 24(2), p. 219-240.

- Quílez, J., Lorente, S., Sendra, F., Encino, E. (2009). 2 Bachillerato. Afinidad Química. En Quílez et al. (2009). Equilibrio Químico (p.225-275). Valencia, España: ECIR.
- Raviolo, A., Andrade, J. (1998). Enseñar el principio de Le Chatelier: un sutil equilibrio. Educación Química, 9(1), p. 40-45.
- Raviolo, A., Martínez, M. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. Educación Química. 14[3]. p. 159-165.
- Raviolo, A., Martínez, M. (2005). El origen de las dificultades y de las concepciones alternativas de los alumnos en relación con el equilibrio químico. Educación Química. 16[x]. p.159-166.
- Raviolo, A., Garritz, A. (2007). Analogías en la enseñanza del equilibrio químico. Educación Química, 18 [1], p. 16-29.
- Raviolo, A. (2007). Implicaciones didácticas de un estudio histórico sobre el concepto Equilibrio Químico. Enseñanza de las Ciencias. 25(3), p. 415-422.
- Rodríguez, M. (2000). Presentación: Estado actual y nuevas direcciones en el estudio del cambio conceptual. Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa, 26, p. 5-11.
- Talanquer, V. (2005). El químico intuitivo. Educación Química, 16 [4], p. 114-122.
- UNAM, ENP. (2004). La experimentación en Química IV. Área I. En UNAM, ENP. (2004). Factores que afectan el equilibrio químico (p. 51-52). (1ª ed.). México, D.F: UNAM.

- Williams, S., (2009). Ideas previas, una propuesta de trabajo con ayuda de la historia de la Química. *Ciencia...Ahora*, No. 23, año 12, p. 47-54.
- X Congreso Nacional de Investigación Educativa. (2009). *Cartel*. Una propuesta didáctica para la enseñanza del equilibrio químico en el bachillerato. Veracruz, México, PR: Huerta, M., Irazoque, G.