



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL EQUILIBRIO QUÍMICO EN PROFESORES  
UNIVERSITARIOS**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

DÍAZ CLAUDIO MARÍA DEL CONSUELO



**MÉXICO, D.F.**

**AÑO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:**           **Profesor: Myrna Teresa Carrillo Chávez**

**VOCAL:**                   **Profesor: Laura María Gasque Silva**

**SECRETARIO:**           **Profesor: Kira Padilla Martínez**

**1er. SUPLENTE:**       **Profesor: Fabiola Gonzales Olguín**

**2° SUPLENTE:**         **Profesor: Ana Laura Maldonado Hermenegildo**

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**FACULTAD DE QUÍMICA UNAM**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA Y QUÍMICA TEÓRICA EDIFICIO F 1ER PISO**

**ASESOR DEL TEMA:**

**Dra. Kira Pardilla Martínez**

---

**SUSTENTANTE:**

**Díaz Claudio María del Consuelo**

---



# ÍNDICE

---

<b>Introducción</b> -----	1
<b>I Marco Teórico</b> -----	3
1.1 Conocimiento pedagógico del contenido (PCK) -----	4
1.2 El PCK para la enseñanza de la ciencia -----	6
1.3 El Equilibrio Químico-----	7
1.4 Enseñanza del Equilibrio Químico -----	8
1.5 El PCK en el Equilibrio Químico -----	10
<b>II Planteamiento del problema</b> -----	12
2.1 Objetivo de la Tesis -----	12
<b>III Metodología</b> -----	13
3.1 Muestra -----	13
3.2 Método -----	13

3.3 Análisis de datos -----	19
<b>IV Resultados</b> -----	<b>23</b>
4.1 Caso del profesor Gabriel -----	23
4.2 Caso del profesor Ricardo -----	32
4.3 Caso del profesor Raúl -----	37
4.4 Caso del profesor Gerardo -----	44
4.5 Caso del profesor Julio -----	50
4.6 Caso del profesor Javier -----	56
4.7 Componentes del PCK -----	61
4.8 Protocolos de observación de la enseñanza -----	71
<b>V Conclusiones</b> -----	<b>77</b>
<b>VI Bibliografía</b> -----	<b>79</b>

# INTRODUCCIÓN

---

El Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) es considerado actualmente como uno de los pilares del conocimiento de los profesores, ya que es importante para comprender su composición. El PCK incluye las formas más útiles de presentación de las ideas de los profesores, así como un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje en tópicos específicos. Por otro lado, el tema de equilibrio químico es considerado como eje central para que los estudiantes comprendan, más fácilmente, los temas que sobre equilibrios en disolución estudiarán en las químicas analíticas. Sin embargo, se ha encontrado que los profesores que imparten la asignatura de Química General II, que es dónde se estudia este tema por primera vez, utilizan diferentes estrategias y enfocan la enseñanza de este concepto de manera diferente.

Por ende, en esta tesis se presenta el estudio realizado sobre cómo es utilizado el conocimiento pedagógico del equilibrio químico por seis profesores de la Facultad de Química de la UNAM que imparten la asignatura de Química General II en el segundo semestre.

En el capítulo 1 se presenta el marco teórico relacionado a el conocimiento pedagógico de contenido, las formas en las que este concepto es enseñado, según lo reportado en la literatura y se describen algunos trabajos sobre el PCK relacionado con el equilibrio químico.

En el capítulo 2 se presenta la metodología utilizada, la muestra de profesores que aceptaron participar en esta investigación, la entrevista utilizada, la forma en que se dio seguimiento a los docentes, la categorización de los datos.

En el capítulo 3 se presentan los resultados como estudio de caso individual para cada docente y posteriormente el análisis conjunto de las observaciones de clase que se hicieron utilizando el Protocolo de Observación de la Enseñanza

(RTOP, por sus siglas en inglés). Finalmente se presentan las conclusiones y las referencias.



## MARCO TEÓRICO

---

Debido a la necesidad de cambiar y mejorar la calidad en la educación y la enseñanza, muchos investigadores, científicos, profesores y educadores, en las últimas décadas, han creado diversas propuestas y reformas sobre el cómo debería de ser la formación del profesorado, el cómo se debe o cuál es la mejor forma de enseñanza y, a pesar de que los puntos de vista difieren en cada país, algunos de estos son compartidos (De Jong, Veal y Van Driel, 2002).

Van Driel, Verloop y De Vos (1998) relatan cómo, inicialmente, estas propuestas, reformas e investigaciones estaban centradas, principalmente, en los procesos de pensamiento de los profesores y sobre el conocimiento práctico de los profesores o el conocimiento artesanal, al cual refieren. En términos generales, éste último es el conocimiento que los maestros obtienen durante su práctica docente y el reconocimiento de la naturaleza del contexto específico de la enseñanza. Sin embargo, debido a una creciente insatisfacción en los resultados, así como por las críticas y las controversias de su carácter no científico y el conservadurismo inherente en la práctica docente, estas investigaciones no podían conducir a la creación de una base de conocimiento con carácter prescriptivo.

Por su parte, Garritz y Trinidad (2004) también exponen que muchas de estas propuestas y estudios sobre la enseñanza se habían enfocado en las formas del comportamiento del profesor más que en su pensamiento. También comentan que no fue hasta el verano de 1983 cuando Lee S. Shulman (1999) dictó una conferencia en la Universidad de Texas, en Austin, en donde especuló sobre lo que él llamó “el paradigma perdido”. En esa conferencia propuso la idea de que el paradigma perdido era el conocimiento que sobre la materia de estudio y su interacción con la pedagogía tienen los docentes.

## ELCONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DE CONTENIDO (PCK)

En 1986 Shulman, publicó las primeras ideas que resultan de los estudios sobre la interacción entre el contenido temático de la materia y la pedagogía, donde planteó que, para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, habría que distinguir tres tipos de conocimiento: Conocimiento del Contenido Temático de la Materia, Conocimiento Pedagógico del Contenido PCK (por sus siglas en inglés: Pedagogical Content Knowledge) y el Conocimiento Curricular (Garritz y Trinidad, 2004).

El *conocimiento del contenido temático* se refiere a la cantidad y organización de conocimiento del tema *per se* en la mente del profesor. Para pensar apropiadamente acerca del conocimiento del contenido se requiere ir más allá del conocimiento de los hechos o conceptos de un dominio, se requiere entender las estructuras del tema. Según Schwab (1978), dichas estructuras incluyen las sustantivas y las sintácticas. Las primeras son la variedad de formas en las cuales los conceptos y principios básicos de la disciplina son organizados para incorporar sus hechos. La estructura sintáctica de una disciplina es el conjunto de formas en las cuales son establecidas la verdad o falsedad, la validez o invalidez de alguna afirmación sobre un fenómeno dado.

El último, el *conocimiento curricular*, dice Shulman(1986) que “*está representado por el abanico completo de programas diseñados para la enseñanza de temas particulares que se encuentra disponible en relación con estos programas, al igual que el conjunto de características que sirven tanto como indicaciones como contraindicaciones para el uso de currículos particulares o materiales de programas en circunstancias particulares*”.

De estos tres tipos de conocimiento, el segundo PCK, Shulman lo presentó como “*una categoría específica del conocimiento, que va más allá del conocimiento de la materia en sí misma a la dimensión del conocimiento de la materia para la enseñanza*”(Shulman, 1986, p. 9). Los elementos clave en la concepción de Shulman del PCK son el conocimiento de las representaciones de

la materia, por una parte, y la comprensión de las dificultades específicas de aprendizaje y las concepciones de los estudiantes, por otro (Van Driel, Verloop, De Vos, 1998).

En el PCK se incluye, para los tópicos más regularmente señalados en el área temática del profesor, *“las formas más útiles de presentación de esas ideas; las analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones más poderosas; en pocas palabras, las formas de presentación y formulación del tema que lo hace comprensible a otros”* (Shulman, 1987, p.9), es decir todo el esfuerzo que hace un profesor para hacer comprensible su tema en particular. El PCK también incluye un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje en tópicos específicos (Garritz y Trinidad, 2004).

En un artículo posterior, Shulman incluyó en el PCK lo que llamó *“la base de conocimientos para la enseñanza”*. Esta base de conocimientos consta de siete categorías, tres de las cuales son de contenido relacionado (es decir, sobre el conocimiento del contenido, PCK, y el conocimiento curricular). Las otras cuatro categorías se refieren en lo general a la pedagogía, los alumnos y sus características, los contextos educativos y los fines educativos (Van Driel, Verloop, De Vos, 1998).

Actualmente, el PCK es considerado como uno de los pilares del conocimiento de los maestros, ya que es importante para comprender su composición. Rollnick, Bennett y Rhemtula (2008) opinan que si es posible describir y modelar la formación docente, puede ser posible mejorar en varias áreas de la formación del profesorado, así como las experiencias pueden ser capturadas y retratadas, para luego poder ser transmitidas a los profesores sin experiencia y así ayudarles en su progreso hacia una mayor competencia en la enseñanza. También comentan que el PCK ayuda a crear nuevas maneras para discutir adecuadamente los problemas inherentes a la complejidad y la aplicación de los conocimientos contenidos en el crecimiento de la práctica.

## EL PCK EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

Varios de los primeros estudios de la práctica docente indicaban que los profesores de ciencias, al enseñar temas que no conocen o que tenían poco conocimiento, expresaban una mayor cantidad de conceptos erróneos y planteaban, principalmente, argumentos de bajo nivel cognitivo (Van Driel, Verloop, De Vos, 1998). Por lo que, después de la primera presentación del PCK, varios investigadores comenzaron a pensar las maneras más efectivas en la que los profesores de ciencias podrían ser mejores al impartir sus clases y, desde entonces, han surgido muchas propuestas sobre la formación de profesores aunque, muchas de estas propuestas tocan, de alguna manera, el PCK (Garritz y Trinidad, 2004).

Según Garritz y Trinidad (2004), tanto Grossman (1990) como Tamir (1988) conceptualizan el PCK de la ciencia en cinco componentes: orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia; conocimientos y creencias acerca del programa de las ciencias; conocimientos y creencias sobre la comprensión de los estudiantes; conocimientos y creencias sobre la evaluación; y conocimientos y creencias acerca de las estrategias de instrucción para la enseñanza de la ciencia.

Van Driel, De Jong y Verloop (1998) evalúan el conocimiento de la materia, la experiencia docente en tópicos específicos, el conocimiento de las concepciones y las dificultades del aprendizaje estudiantil, y la participación en talleres de trabajo específicos. Mientras que, en otro de sus artículos De Jong, Veal y Van Driel (2002) estudiaron los cursos para desarrollar el conocimiento básico de los profesores de química y más recientemente han investigado sobre los mejores elementos formativos para acrecentar el PCK de los estudiantes y profesores.

De estos hallazgos de la investigación, se ha evaluado el PCK de los docentes y se ha examinado el impacto de que el conocimiento tiene sobre la enseñanza de la ciencia y el aprendizaje; en este sentido, se ha encontrado que el PCK es parte integral para una enseñanza efectiva de la ciencia, y que la

comprensión del PCK es integral para mejorar la enseñanza y educación de los profesores de ciencias (Magnusson, 1999).

Actualmente el PCK está incluido en los Estándares de Desarrollo Profesional de los Profesores de Ciencias en estados Unidos (National Research Council, pp. 62-68, 1996; Enfield, 1999) y se ha tomado en este país como una guía para la reforma educativa en los programas de formación de los profesores de ciencias. Así, el PCK ha comenzado a ser la manera de identificar las variables que determinan la formación de un buen docente (Garritz y Trinidad, 2004).

## **EL EQUILIBRIO QUÍMICO**

Van Driel y Gaber (2002) relatan cómo el concepto del equilibrio químico se introdujo en la década de 1860 donde se comenzaron a realizar estudios empíricos sobre las reacciones incompletas y reversibles, y cómo, al inicio, las teorías sobre estos fenómenos estaban basadas en dos perspectivas teóricas diferentes: cinética y termodinámica.

Según estos autores, desde el punto de vista cinético, Pfaundler discutía en términos de movimiento y colisión de partículas, cuya energía cinética se extiende alrededor de un valor medio determinado, que se relaciona a la temperatura. Como consecuencia, en cualquier momento a una temperatura y presión constante, algunas moléculas pueden descomponerse mientras que otras nuevas se forman por colisiones. En un estado de equilibrio, el número de moléculas de reactivos, dentro de un cierto periodo de tiempo, debe ser igual al número de moléculas de productos (Pfaundler, 1867). Más tarde, Guldberg y Waage fueron los primeros en derivar una ecuación matemática para las masas activas (es decir, concentraciones) de las sustancias que intervienen en un estado de equilibrio (Van Driel y Graber, 2002).

Mientras que, dentro de un marco termodinámico, una explicación cualitativa para fenómenos de equilibrio fue propuesta primeramente por Horstmann

(1873), quien usó la segunda ley de la termodinámica como punto de partida a la razón de que, en un estado de equilibrio químico, la entropía de un sistema estaba en un máximo. A su juicio, los procesos moleculares sólo influyeron en el tiempo que tarda en llegar a un estado de equilibrio (Van Driel y Graber, 2002).

Años después, se obtuvieron formulaciones cuantitativas para el equilibrio químico con base en consideraciones energéticas realizadas por Van 't Hoff y Gibbs, donde Gibbs demostró cómo las concentraciones de reactivos y productos en un estado de equilibrio se relacionan con la temperatura y los valores de cantidades energéticas del sistema, mientras que, por su parte, Van 't Hoff formuló las características de equilibrio químico en términos de un sistema dinámico. Poco después, esta formulación fue adaptada por Le Chatelier (Le Chatelier, 1884), quien propuso una regla simple para explicar el comportamiento de los sistemas de equilibrio debido a los cambios en la presión, volumen, la concentración o la temperatura, en términos de cambios para compensar el cambio parcial por una aplicación de “estrés” (Van Driel y Graber, 2002).

## **ENSEÑANZA DEL EQUILIBRIO QUÍMICO**

Van Driel y Graber (2002) exponen que, durante mucho tiempo, el enfoque cinético para la enseñanza de equilibrio químico se había caracterizado principalmente por la derivación de la llamada Ley de acción de masas, también conocida como la Ley de Guldberg y Waage. Donde se representan las constantes de velocidad de reacción para las dos reacciones opuestas, pero que, principalmente para explicar o poder predecir el comportamiento de un sistema sigue siendo utilizado ampliamente el principio de Le Chatelier, ya que muchos autores, profesores e investigadores, aun consideran este principio como la forma más sencilla y útil para la predicción de cambios en la posición de equilibrio bajo determinadas circunstancias.

El principio de Le Chatelier se introduce generalmente, a los estudiantes de secundaria y bachillerato para que inicien el estudio cualitativo de las reacciones

reversibles y dejen así las ideas más complicadas para los cursos posteriores (Vanessa Kind, 2004). Sin embargo, este principio ha sido criticado en muchas publicaciones de educación química. Siendo Quílez J. y San José (1996) algunos de los autores que más han criticado este principio, ya que argumentan que las formulaciones del principio en libros de texto a menudo conducen a conclusiones erróneas o estimulan la formación de malentendidos entre los estudiantes, sobre todo por su carácter vago y ambiguo.

Aún con esto, y a pesar de la gran cantidad de autores que se han encargado de señalar las limitaciones o problemas conceptuales que tiene el principio de Le Chatelier, en general, tanto en los libros de texto de química general como los profesores, siguen utilizando este principio con fines didácticos (Quílez Pardo, 1996).

Debido a estas ideas alternativas que la mayoría de los estudiantes suelen desarrollar, Quílez Pardo (1996) menciona varias de las propuestas curriculares que se han hecho para la enseñanza del equilibrio químico, las cuales en su mayoría, toman en cuenta tres de los conceptos básicos que caracterizan el estudio y comprensión de las reacciones químicas: a) Reacción incompleta, b) Reversibilidad y c) Carácter dinámico; ya que estos tres conceptos mencionados son una fuente de ideas alternativas de los estudiantes ya que entran en su mayoría en conflicto con las primeras ideas que desarrollaron en clase acerca de las reacciones químicas.

Una de las propuestas curriculares que señala Quílez Pardo (2002) para la enseñanza de la evolución de los sistemas de equilibrio químico que han sido perturbados, así como diversos autores (por ejemplo, Kind Vanessa, 2004), es el uso de las leyes de Van't Hoff, las cuales se fundamentan en la termodinámica.

## EL PCK DEL EQUILIBRIO QUÍMICO

Van Driel y Graber (2002) refieren que, aunque el equilibrio químico es uno de los conceptos centrales en la enseñanza de la química, tanto a nivel secundaria como en la educación superior, el tema tiende a asociarse con diversas dificultades de aprendizaje.

Debido a que el equilibrio químico está asociado a estas diversas dificultades de aprendizaje, sobre todo por sus ideas más abstractas, como son: su naturaleza dinámica, la distinción entre el equilibrio y el no equilibrio, el constante uso del principio de Le Chatelier; y algunas consideraciones energéticas, se pueden encontrar gran variedad de escritos y artículos para apoyar a la enseñanza de este concepto (Raviolo y Garritz, 2009).

Raviolo y Garritz(2009) expresan que, debido a este creciente interés en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, se hace uso principalmente de analogías, metáforas o modelos, para ayudar a la explicación de fenómenos que no son observables, pero que la utilización de éstas suele ser ambivalente acerca de la validez o invalidez de la presentación de analogías sencillas o múltiples. Aún con esto, concluyen, que las analogías constituyen una estrategia válida para la enseñanza del equilibrio químico.

Sin embargo, en la investigación educativa de la química se han encontrado relativamente pocos estudios sobre el PCK para el caso del equilibrio químico y del cual sólo podemos mencionar el trabajo de Van Driel, Verloop y de Vos (1998) quienes realizaron un estudio empírico enfocado en el PCK al tópico específico del equilibrio químico. Estos autores encontraron que las estrategias de enseñanza identificadas en el estudio no son útiles en el sentido universal, sino se refieren exclusivamente al tópico involucrado; aún más, como los profesores enseñan tópicos específicos, estas estrategias adicionan un elemento único y valioso al conocimiento básico educacional.



Por ende, para el t3pico del equilibrio qu3mico, los estudios mayormente realizados se enfocan principalmente en la mejor forma de introducir a los estudiantes en el concepto (Garritz y Trinidad, 2004).

Por consiguiente, este proyecto busca indagar sobre c3mo es empleado el conocimiento pedag3gico en el t3pico de equilibrio qu3mico por profesores universitarios, el impacto o influencia que tienen y las diferencias o similitudes que se dan entre los profesores al utilizar mayor o menormente los diferentes componentes del PCK en las clases de Qu3mica General II.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

La idea original de este proyecto es indagar sobre el conocimiento pedagógico del equilibrio químico en algunos profesores, que imparten el curso de Química General II en el segundo semestre de las carreras que se cursan en la Facultad de Química de la UNAM. Nos interesó el tema de equilibrio químico ya que es fundamental que los estudiantes lo comprendan para alcanzar el éxito en sus cursos posteriores, como las químicas analíticas. Sin embargo, nuestra percepción inicial es que el tema se imparte con diferentes perspectivas: a) usando únicamente a Le Chatelier, b) desde la perspectiva termodinámica, c) haciendo uso del análisis de las constantes de equilibrio a través de los cocientes de reacción. Por estas razones se decidió averiguar el PCK que sobre este tema presentan docentes con una amplia experiencia en la asignatura.

Así pues, nuestra **pregunta de investigación** es:

**¿Qué tan diferente es el PCK de los profesores que imparten el tema de equilibrio químico en la asignatura de Química General II?**

## OBJETIVO DE LA TESIS

---

Estudiar el conocimiento pedagógico de contenido que sobre el equilibrio químico tienen algunos profesores que imparten la asignatura de Química General II, así como su impacto en el aula.

## MUESTRA

La muestra consistió en 6 profesores de la Facultad de Química que estaban impartiendo la asignatura de Química General II. Todos ellos tienen entre 10 y 40 años de experiencia docente. Algunos con doctorado y otros con licenciatura o maestría. Se lanzó la convocatoria a una muestra de diez docentes, pero por diversas razones únicamente aceptaron seis. Para preservar el anonimato se usarán pseudónimos con nombres masculinos independientemente de si se trata de profesor o profesora.

## MÉTODO

El proceso de investigación consistió en dos partes fundamentales: la entrevista personal y la observación de clase. Para la primera parte se solicitó una cita con cada uno de los profesores y cada entrevista (Tabla 1) tuvo una duración de entre 30 y 60 minutos. La entrevista constó de 12 preguntas que buscan dilucidar el PCK de cada docente. Para construirla nos basamos en el modelo de Magnusson et al. (1999)

**Tabla 1. ENTREVISTA INICIAL A LOS DOCENTES**

**Entrevista:**

**CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO EN PROFESORES DE QUÍMICA GENERAL II DE LA FACULTAD DE QUÍMICA UNAM.**

Nombre :

Grado Académico:

Nivel al que imparte cursos:

Edad:

Experiencia Docente:

1. ¿Por qué consideras importante la enseñanza del equilibrio químico dentro del curso de Química General II?
2. ¿Qué conocimientos previos consideras que los estudiantes deben tener para comprender este concepto?
3. ¿Haces alguna evaluación para determinar los conocimientos previos de tus estudiantes? ¿Qué haces con esta información? ¿En qué te ayuda tener esta información para la presentación de tu clase?
4. ¿Qué ideas consideras son fundamentales en la enseñanza del equilibrio químico? ¿Por qué?
5. ¿Por qué crees que es importante que los estudiantes aprendan estos conceptos en este semestre? ¿Para qué les va a servir?
6. ¿Qué tipo de consideraciones haces para realizar la planeación de tu clase? Por ejemplo: población, semestre, etc.)
7. ¿Qué tipo de estrategias utilizas para interesar a los alumnos en el tema?
8. ¿Has notado si tus estudiantes presentan alguna dificultad o limitación en el aprendizaje de algún concepto relacionado con el EQ?
  - a) Cuando sucede ¿qué tipo de estrategias utilizas para que superen esta dificultad?
9. ¿Te has encontrado alguna dificultad o limitación en la enseñanza de algún concepto relacionado con el Equilibrio Químico?
  - a) Cuando sucede, ¿tienes alguna estrategia para superar esa dificultad?
10. ¿Qué procedimientos empleas para que los alumnos se comprometan con el concepto (analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, reformulaciones, etc.)?
11. ¿Haces alguna relación con contextos cotidianos al explicar algunos de los conceptos relacionados con el EQ? Puedes dar algunos ejemplos
12. ¿Qué formas específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre el concepto?

En esta primera entrevistase les preguntó a los profesores sobre sus estrategias, ideas, analogías, demostraciones, etc., con las que se ayudan para poder hacer comprensible el tema. Así como también, lo que sabían sobre lo que a los alumnos se les hace fácil o difícil de entender, sus concepciones y pre-concepciones, así como sus antecedentes y lecciones frecuentemente utilizadas para la enseñanza de equilibrio químico.

En la segunda etapa se realizaron observaciones de clases, las cuales fueron registradas en el formato del “Protocolo Reformado de Observación de Enseñanza” (RTOP, por sus siglas en inglés) (Tabla 2), el cual es utilizado generalmente para las observaciones de clases de varios niveles (Piburn y Sawada, 2000). Este protocolo consta de 4 partes fundamentales: primero, se hace una breve descripción del contexto del aula; segundo, utilizando una escala tipo Likert (escala de 0 a 4), se asigna un valor al diseño e implementación de la lección; tercero, se asignan valores al contenido; y, finalmente, a la cultura en el salón de clases.

Se siguió a los profesores durante todas las sesiones en las que impartieron el tema de equilibrio químico, sin intervenir en la clase.

<b>Tabla 2. PROTOCOLO DE OBSERVACIÓN DE LA ENSEÑANZA (RTOP) (Piburn y Sawada, 2000)</b>	
<b>I. INFORMACIÓN GENERAL</b>	
Nombre del profesor:	
Fue previamente Informado de la observación: ____ Sí ____ No	
Lugar: _____ Edificio: _____ Salón: _____ (Salón, Escuela, Distrito)	
Nombre del observador: _____	
Fecha: Materia: Semestre: _____	
Hora de comienzo: Hora de término: _____	

## II. CONTEXTO DEL SALÓN Y ACTIVIDADES.

Breve descripción de la clase observada, el salón de clase en que se toma la lección (espacio, disposición de asientos, etc.), y todo lo relevante sobre los estudiantes y del profesor.

--

En el siguiente espacio, registrar los eventos que ayuden a documentar la información.

TIEMPO	DESCRIPCIÓN DE EVENTOS

## III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA LECCIÓN.

	Nunca ocurre	1	2	3	Muy concurrente 4
1) Las estrategias instruccionales y las actividades toman en consideración el conocimiento previo y las preconcepciones del Equilibrio Químico.	0	1	2	3	4
2) La clase está diseñada para involucrar a los estudiantes.	0	1	2	3	4
3) Los estudiantes hacen una exploración del tema antes de la clase.	0	1	2	3	4
4) El enfoque y dirección de la lección es determinado originalmente por las ideas de los estudiantes.	0	1	2	3	4

## IV. CONTENIDO.

Conocimiento Proposicional	Nunca ocurre	1	2	3	Muy concurrente 4
5) La instrucción incluye conceptos fundamentales del Equilibrio Químico.	0	1	2	3	4
6) La lección promueve un entendimiento conceptual fuerte y coherente.	0	1	2	3	4

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 7) El profesor tiene un dominio sólido del contenido característico del Equilibrio Químico. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 8) Se exploran conexiones de la vida cotidiana con respecto al Equilibrio Químico.          | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |

**V. CULTURA EN EL SALÓN DE CLASES.**

- |  | Nunca<br>ocurre | 1 | 2 | 3 | Muy<br>concurrente<br>4 |
|--|-----------------|---|---|---|-------------------------|
| <b>Interacciones por Comunicación</b>  |                 |   |   |   |                         |
| 9) Las preguntas del maestro provocan formas divergentes de pensar en los estudiantes sobre el Equilibrio Químico. | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |
| 10) La dirección de la clase responde en gran medida las preguntas y comentarios de los estudiantes.               | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |

- |  | Nunca<br>ocurre | 1 | 2 | 3 | Muy<br>concurrente<br>4 |
|--|-----------------|---|---|---|-------------------------|
| <b>Relación Estudiante/Maestro</b>   |                 |   |   |   |                         |
| 11) Se promueve y valoriza la participación de los estudiantes.  | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |
| 12) Se alienta a los estudiantes a generar conjeturas, estrategias alternas para alcanzar una solución y/o distintas maneras de interpretar el Equilibrio Químico. | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |
| 13) En general, el profesor es paciente con los estudiantes.   | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |
| 14) El maestro actúa como un guía, trabajando para apoyar a los estudiantes.   | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |
| 15) La metáfora “El maestro como oyente” caracteriza este salón de clase.  | 0               | 1 | 2 | 3 | 4                       |

**COMENTARIOS ADICIONALES QUE DESEE HACER SOBRE ESTA LECCIÓN.**

En el protocolo utilizado se describió lo que se observó en el transcurso de la clase: experiencias de cátedra, estrategias de los profesores, analogías utilizadas, tópicos que se dieron, participación en clase, etc. Todo esto desde el punto de

vista del observador. Estas observaciones se realizaron durante siete clases, de una hora cada una, por cada uno de los profesores, haciendo en total de 42 clases u horas observadas y registradas.

La última etapa del proceso consistió en hacer una segunda entrevista (Tabla 3) a los profesores sobre las observaciones y percepciones personales que tuvieron al momento de impartir sus clases: la relación con sus alumnos, impresión que tuvieron de sus alumnos, diferencias con respecto a otros semestres, etc. Esto, con el fin de conocer las posibles creencias y dificultades que los profesores llegaron a tener y que pudieron afectar el desarrollo de su clase.

### **Tabla 3. SEGUNDA ENTREVISTA**

#### **Segunda Entrevista: Conocimiento Pedagógico De Contenido En Profesores De Química General II De La Facultad De Química UNAM**

NOMBRE:

GRADO ACADÉMICO:

EDAD:

EXPERIENCIA DOCENTE:

1.- ¿Cómo fue la relación con tus alumnos este semestre que pasó?

2.- ¿Cuál es tu opinión sobre tus alumnos de este semestre, en cuanto a compromiso de trabajo para la materia? ¿Qué impresión tuviste de ellos en cuanto a actitudes?

3.- ¿Fue diferente a otros semestres?

4.- ¿Afectó esto de alguna manera para dar tu clase?

5.- ¿Cómo les fue a tus alumnos en su evaluación, con respecto al equilibrio químico? ¿Y, en la evaluación general?



## ANÁLISIS DE DATOS

Con toda la información recabada, se realizó una descripción de cada profesor conjuntando tanto las entrevistas como las observaciones de aula. Cada una de estas descripciones se presenta en el capítulo de resultados y sirvieron para ubicar los diferentes componentes del PCK así como para trazar un perfil conceptual de cada uno de ellos. De esta forma se presentará a cada profesor como un estudio de caso particular, para finalmente hacer un análisis conjunto de estos.

Encada una de estas descripciones se identificó y contabilizó cada uno de los componentes del PCK, los cuales fueron graficados para una mejor comparación y observación de los componentes utilizados por los profesores. Las gráficas se muestran en la parte de resultados, éstas muestran el perfil docente de cada uno de ellos (Padilla, *et al.*, 2008)

Otra de las herramientas utilizadas para poder tener una mayor perspectiva de las diferencias en el desarrollo de las clases, fue el cuestionario final contenido en el RTOP, el cual consistía en evaluar el diseño e implementación de la clase, el contenido y el contexto utilizado por el docente en clase. Los datos obtenidos se presentan en la discusión conjunta en forma de gráficas.

Para el análisis del PCK se utilizó la tabla 4 (Padilla y Van Driel, 2011) en la que se describen los diferentes componentes del PCK que para profesores universitarios consideraron estos autores. Nosotros decidimos considerarla porque era una buena aproximación a los enfoques y a las ideas que los docentes, a nivel universitario, presentan. En ella se pueden observar desglosados los cinco componentes del PCK reportados por Magnusson et al. (1999), pero dado que la propuesta de Magnusson se basa en enseñanza básica y media superior, sólo se consideraron aquellos que realmente son utilizados por los docentes universitarios.

**Tabla 4. COMPONENTES Y SUBCOMPONENTES DEL PCK**

<b>Orientación hacia la enseñanza de las ciencias (A)</b>		
<b>Orientación</b>	<b>Código</b>	<b>Definición</b>
Proceso	A1	El profesor introduce a los estudiantes al proceso de pensamiento empleado por los científicos.
Rigor académico	A2	Los estudiantes son retados con problemas y actividades difíciles. Hace uso del trabajo de laboratorio y demostraciones para mostrar las relaciones entre conceptos y fenómenos.
Tradicional	A3	El profesor presenta información a través de la clase tradicional o la discusión y las preguntas dirigidas.
Cambio conceptual	A4	Los estudiantes son presionados para reflexionar sobre sus visiones del mundo y para que consideren una posible adecuación a sus explicaciones. El profesor facilita la discusión y genera los debates para establecer el conocimiento válido.
Actividades dirigidas	A5	Los estudiantes participan en actividades de “manos a la obra” usadas para verificar o descubrir.
<b>Conocimiento del currículo científico (B)</b>		
BI. Conocimiento de los profesores sobre las metas y objetivos del curso.	B1	Ideas de los docentes sobre los objetivos de los estudiantes para aprender el tema.
	B2	Metas y líneas guía a través de los tópicos.
	B3	Conocimiento adquirido por los estudiantes en sus cursos previos o lo que ellos deberían aprender en éste o el siguiente curso.
BII. Conocimientos específicos de los profesores sobre los	B4	Conocimiento del currículo y materiales relacionados al contenido que enseña y otros relacionados a éste.

programas curriculares.		
<b>Conocimiento de la comprensión científica de los estudiantes (C)</b>		
C1. Conocimiento de los requerimientos de aprendizaje.	C1	Prerrequisitos, habilidades y destrezas para aprender ese concepto y las concepciones alternativas asociadas.
	C2	Variaciones en las visiones y aproximaciones de los estudiantes.
C2. Conocimiento de las áreas de dificultad de los estudiantes.	C3	Conceptos científicos o tópicos que los estudiantes encuentren difíciles de aprender (que son abstractos o que les falta alguna conexión de experiencia cotidiana) o que no son intuitivos.
C3. Creencias sobre lo que los estudiantes saben y no, o lo que deberían saber.	C4	Creencias de los profesores relacionadas al conocimiento que ellos asumen o creen que los estudiantes pueden o no poseer; o el conocimiento que los profesores piensan que los estudiantes deberían aprender.
<b>Conocimiento de la evaluación científica (D)</b>		
D1. Conocimiento de las dimensiones del aprendizaje científico y su evaluación.	D1	Conocimiento de aquellos conceptos que son importantes de evaluar y aquellos que no.
D2. Conocimientos de las estrategias de evaluación.	D2	Qué tipo de estrategias son utilizadas para evaluar la comprensión de los estudiantes o aquellos que consideran no esbueno.

<b>Conocimiento de las estrategias instruccionales (E)</b>		
E1. Conocimiento de las estrategias específicas para cualquier tópico.	E1	Estrategias que son más generales y que podrían ser utilizadas para enseñar casi cualquier tópico (ejemplo: ciclo de aprendizaje)
E2. Conocimiento de estrategias específicas del tópico.	E2	Representaciones específicas del tópico (ejemplo: ilustraciones, ejemplos, modelos, analogías).
	E3	Actividades específicas del tópico (ejemplo: problemas, demostraciones, simulaciones o experimentos)

Los códigos de los componentes y subcomponentes del PCK mostrados en la tabla anterior, describen las diferentes orientaciones del conocimiento y las creencias de los profesores sobre los propósitos y metas de la enseñanza de la ciencia. Estos códigos fueron colocados en cada una de las partes de las descripciones de las clases según se aproximaba a las descripciones que se tiene de cada uno de ellos y que el observador (el tesista) percibía que estos eran utilizados por los profesores.

## RESULTADOS

---

Como ya se dijo, se presentarán los resultados como un estudio de caso para cada profesor, en donde se hicieron narrativas sobre lo que dijeron en las entrevistas y lo que se observó en clase. En estas descripciones se muestra cómo los profesores hacen uso de los componentes y subcomponentes PCK, los cuales fueron etiquetados, lo que ayudó a representar gráficamente los elementos mayormente utilizados por cada profesor y poder tener una mejor perspectiva de las diferencias entre cada uno de ellos.

### CASO DEL PROFESOR GABRIEL

En la entrevista inicial el profesor Gabriel consideró que la enseñanza del equilibrio químico es importante en el segundo semestre ya que los alumnos lo utilizarán el resto de su carrera, principalmente en las químicas analíticas y en termodinámica (B4), por lo que el profesor considera esencial que los alumnos comprendan completamente el concepto antes de adentrarse en cálculos matemáticos (B1).

Así, en su primera clase, el profesor inicia preguntando a sus alumnos sobre lo que piensan o saben del tema de equilibrio químico y la reversibilidad (ya que habían investigado el tema previamente) (C1), a lo cual la mayoría de los alumnos responden: *“cuando los reactivos pasan a productos y los productos pasan a reactivos, con la misma velocidad”*. Después de escuchar las respuestas, el profesor les indica que tienen, y a la vez no tienen, razón (C2), y para explicarles el porqué, dibuja en el pizarrón un trozo de madera, y les pregunta sobre la reacción de combustión:

“¿Es una reacción reversible o irreversible?” (A3) preguntó entonces, “irreversible” contestaron sin dudar los alumnos, a lo que el profesor les volvió a preguntar: “¿y, entonces, lo que hacen las plantas, es reversible o irreversible?”... (A4) el profesor les explica entonces, con ayuda de estas dos reacciones (combustión y fotosíntesis de las plantas), que no necesariamente el que los productos se conviertan en reactivos y que los reactivos se conviertan en productos sea una garantía de reversibilidad (A4), llegando así a la conclusión de que, para hablar de reversibilidad o para saber cuándo una reacción es reversible, “el camino de ida y de regreso, tienen que ser el mismo” de lo cual la mayoría de los alumnos se mostraron convencidos.

El profesor continuó dando varios ejemplos de este tipo de reacciones (A1) y hablándoles a sus alumnos sobre la importancia que tendrá este tema para sus siguientes materias, que era necesario que comprendiesen bien el concepto ya que les sería de utilidad en las siguientes materias y en toda su carrera (B4). Esto, según el profesor, en la entrevista realizada semanas antes, es para que los alumnos, los cuales son regulares este semestre, se interesen más en el tema (C4).

Para el profesor Gabriel uno de los conocimientos previos necesarios que los alumnos deben de tener son los de cinética de la reacción (C1), por lo que para ilustrarles el “camino de reacción”, les escribe en el pizarrón la descomposición del agua (E2), su forma correcta de escribirla y cómo ahora las reacciones se escriben con doble flecha para indicar la reversibilidad.

“Pero, ¿qué tanto hay de un lado y del otro?” (A3) les pregunta entonces el profesor, diciéndoles que, aunque la reacción se encuentre en equilibrio, no necesariamente son iguales en ambos lados de la reacción. Para explicarles esto, dibuja en el pizarrón tres balanzas en diferente posición para mostrarles cómo cada una de estas se encuentran en equilibrio a pesar de que los platos se encuentran a diferente altura y que, de igual manera, sucede en el equilibrio químico (E2). Es decir, utiliza un ejemplo clásico de equilibrio estático para ejemplificar un equilibrio dinámico (situación que corrige más adelante).

El profesor retoma entonces el ejemplo del agua y les indica a sus alumnos que a pesar de que todas las moléculas de agua son iguales, no todas se comportan de la misma manera y no todas tienen la misma energía (A3). Para explicarles mejor esto, el profesor dibuja una gráfica de Gauss y les pregunta a sus alumnos “¿qué es la temperatura?” (A3) y sin darles tiempo para contestar dice “es un promedio”, y en seguida muestra, con ayuda de la gráfica cómo a pesar de que la mayoría de las moléculas están en el promedio, otras tienen menor energía y otras tienen tanta energía que incluso es posible romper enlaces, “*está ocurriendo y una vez que ocurre no quiere decir que no pueda des-ocurrir, es a lo que se le llama equilibrio dinámico no estable*” les indica (E2).

A partir de esto, el profesor Gabriel les explica que la energía siempre es fundamental, que no importa si es exotérmica o endotérmica, que lo que importa es su energía de activación, ya que dependiendo de que ésta sea grande o pequeña se puede dar más fácilmente la reacción o no, “*todo proceso químico consume energía o regresa energía*” indica el profesor y en seguida les comienza a hablar de la Ley de Hess y la entalpia, y que lo único que interesa es el estado inicial y final; con lo cual, el profesor les explica por qué un proceso puede ser exotérmico o endotérmico (E2).

Después de explicarles estos procesos, con ayuda de unas gráficas (E2), llega a la conclusión de que una reacción puede ser exotérmica o endotérmica dependiendo hacia dónde se dirija la reacción y que, por lo tanto, ya no existen reactivos ni productos y tampoco hay reactivo limitante, “*Siempre existen todas las sustancias, y para determinar lo que está pasando ahí vamos a hablar de equilibrio dinámico*” (A3) les explica el profesor.

Terminando esto, el profesor retoma el tema de energía de activación y les dibuja en el pizarrón dos gráficas (E2): una cuando se necesita mayor energía de activación y otra donde se necesita una menor energía de activación, indicándoles nuevamente que ésta ayuda a decir cuando un proceso ocurre fácilmente y cuando no (E2).

Para poder ir evaluando el aprendizaje de sus alumnos, en su siguiente clase, el profesor inicia con un repaso de la clase anterior, y pregunta a sus alumnos sobre cuándo un sistema es reversible y cuándo no lo es, sobre el equilibrio y las condiciones del equilibrio (D2).

Después de retomar estos conceptos, el profesor dibuja en el pizarrón tres recipientes (E2), los cuales contienen diferentes sustancias gaseosas, las cuales representa como moléculas (pelotitas). El primero con un tipo de gas, el segundo con otro tipo de gas y el tercero lo dibuja con los dos tipos de gases anteriores; esto para hacerles ver a los alumnos que *“si no hay dos reactantes no habría reacción”* y enseguida, de nuevo les dibuja otros tres recipientes, pero esta vez todos contienen dos tipos de moléculas de gases; sin embargo, son de volúmenes diferentes: el primero, de un litro, con pocas moléculas de gases; el segundo, tiene un mayor número de moléculas en un litro; y el tercero tiene la misma cantidad de moléculas que el segundo, pero el contenedor es de dos litros. El profesor les pregunta entonces que en cuál de los tres recipientes ocurrirá más rápidamente la reacción química (A3), a lo que, los alumnos un tanto dudosos, le responden *“en el segundo, debido a la probabilidad de las condiciones”*, y el profesor reafirmando su respuesta, les explica que *“mientras más concentrados estén los reactivos, mayor serán las probabilidades de que colisionen y por lo tanto que haya una reacción”* (A3) (El profesor dibuja estas colisiones de los gases con muchas pelotitas, ya que para él, es importante que los alumnos visualicen que las sustancias están hechas de muchas partículas) (E2).

*“Y, ¿Cómo se escribe esto matemáticamente?”* (A3) Les pregunta ahora, mientras comienza a escribir en el pizarrón la ecuación, que entre él y los alumnos van diciendo *“la velocidad de la reacción es proporcional a la concentración de los reactivos”*, y enseguida el profesor les explica que, para cambiar esa proporcionalidad a una igualdad, se necesita de una constante, pero que eso lo verán más a fondo cuando lleven cinética química (B4).

El profesor vuelve a dibujar entonces la gráfica de energía de activación *“En el caso del equilibrio químico no hay reactivos ni productos ya que depende en*

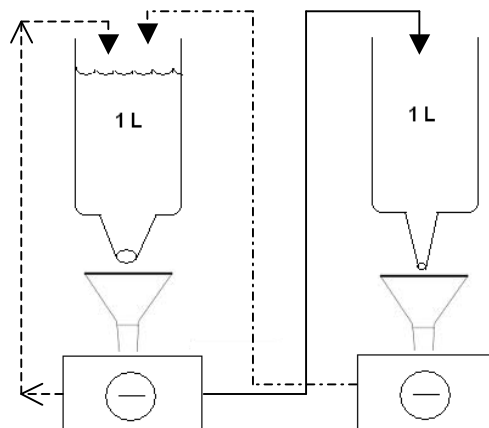


*qué sentido vaya, y con esto también se puede saber si es exotérmica o endotérmica”* les dice, mientras les señala en la gráfica cómo pasa la reacción de reactivos a productos y de productos a reactivos, así como la energía de activación necesaria (E2). Para poder ejemplificar mejor esto, dibuja en el pizarrón el esquema de una reacción (dibuja las moléculas de dos gases que están reaccionando) donde se puede ver cómo en la primera reacción se rompen las moléculas para formar nuevos productos y en la segunda, a partir de los productos, se pueden formar de nuevo los reactivos iniciales (E2).

*“Esto va a depender de la velocidad de la reacciones, ya que no es la misma velocidad en la primera reacción que en la segunda”* (A3) Explica el profesor mientras anota en el pizarrón la ecuación de velocidad para cada una de las reacciones, *“Cada una de ellas tiene su propia tendencia a la velocidad, cada reacción tiene su propia tendencia a ocurrir”*.

El profesor dibuja entonces en el pizarrón dos recipientes de un litro con diferente apertura de vaciado (uno con la boquilla angosta y el otro con la boquilla más ancha), *“¿Cuál se vaciará más rápido?”* (A3) les pregunta, a lo cual los alumnos le responden que el de la boquilla más ancha. *“Depende de dos cosas, depende de cuánto líquido contengan y su velocidad de salida”* les explica el profesor *“supongamos entonces que el agua es la concentración y la velocidad de salida es como la constante (K)”* el profesor terminando de explicarles esto, coloca la experiencia de cátedra de *Los Vasos Comunicantes* (E3), el cual consiste en tener dos vasos vaciándose y llenándose al mismo tiempo, ya que están conectados por medio de unas mangueras, las cuales vuelven a subir el vaciado de los vasos. Con ayuda de estos vasos el profesor les comienza a explicar cómo, si uno de los vasos se llena más que el otro (el primer frasco lo llenan las dos mangueras y al segundo sólo una) en el segundo frasco va a quedar con menor agua a diferencia del primero; pero, si se llenan y vacían los dos vasos a la misma velocidad no va a pasar nada (los dos vasos tienen una manguera cada uno), y que igualmente sucede en una reacción química si se colocan los reactivos y los productos la misma velocidad la concentración no va a variar (Fig. 1).

**Figura 1. Vasos comunicantes**



El profesor utiliza esta experiencia de cátedra para tratar de ayudar a sus alumnos a entender mejor el concepto de la cinética de reacción y el equilibrio químico (C4), ya que, según en la entrevista previa a sus clases, el profesor ha encontrado que a los alumnos les cuesta trabajo entender estos conceptos (C3).

*“El principio del equilibrio químico está basada en esto”* les dice el profesor *“se están consumiendo los reactivos abajo (vaciado), pero arriba (llenado) los estoy produciendo, por lo tanto el flujo es constante”* (A3). Terminando de decirles esto, el profesor dibuja en el pizarrón la ecuación de una reacción con doble flecha, indicando que una dirección es la de vaciado y la contraria de llenado, relacionando a los vasos comunicantes, pero que al representarlo en una reacción química se escribe la velocidad uno y velocidad dos (escribe sobre las flechas de la ecuación) (E2).

*“No existe ya el concepto de reactivo limitante”* (A3) les dice el profesor, y en seguida, escribiendo la igualdad de la velocidad uno con la velocidad dos, el profesor comienza a desarrollar y a explicarles la ecuación de la constante de equilibrio (K), puntualizándoles a cada momento que “K” es invariable sin importar como se escriba la reacción o los cambios en las concentraciones (A3).

Después, el profesor les escribe una reacción química y la ecuación inversa de la misma, y sus formas de expresarse en la ecuación de la constante de equilibrio; y en seguida les explica: *“Cómo se escriba la ecuación química define cómo va a ser mi constante de equilibrio (A3). El valor de la constante de equilibrio nos dice de qué lado se acumula la materia. Si es mayor que uno la materia tiende a acumularse del lado de los productos y si es menor que uno es de lado de los reactivos”* (A3).

En la siguiente clase del profesor Gabriel inicia de nuevo con un repaso de los conceptos vistos la clase anterior (D2); y enseguida discute con los alumnos sobre cuándo se alcanza el equilibrio y sobre las velocidades de reacción, de donde, para explicarles más acerca de la igualdad de velocidades y de lo que ocurre en el equilibrio al tener dos reacciones contrarias, el profesor les da una analogía sobre la vida cotidiana de las escaleras eléctricas (E2).

*“¿Qué es lo que sucede cuando alguien sube o baja al contrario de las escaleras?”* (A3) les pregunta el profesor y en seguida les dice *“Por ejemplo, si se sube a la misma velocidad que bajan las escaleras se va a llegar a un equilibrio, a menos que algo lo perturbe (E2); el equilibrio se encuentran igualmente dos velocidades encontradas las cuales se pueden perturbar si se aumenta más una que la otra. Es el balance de las velocidades lo que establece el equilibrio, si éste se rompe se establece un nuevo equilibrio, se vuelve a tener una nueva posición de equilibrio”* (A3).

*“Pero, entonces ¿cómo podemos modificar la velocidad uno o la velocidad dos?”* (A3) les pregunta en seguida el profesor, a lo cual algunos de los alumnos contestan que con la temperatura, sin embargo, el profesor, omitiendo un poco la respuesta de los alumnos, les dice *“Se puede modificar al agregar o quitar algún elemento para que el equilibrio se desplace, lo que se conoce como el principio de Le Chatelier”* (B4). Para explicarles lo que sucede en el equilibrio químico el profesor les dibuja en el pizarrón una reacción en equilibrio y grafica cómo se encuentran las concentraciones en el equilibrio (concentración inicial

vs concentraciones al equilibrio) de la misma forma dibuja otra gráfica sobre las velocidades de reacción, igualmente en el equilibrio (E2).

Con ayuda de estas gráficas el profesor comienza a dibujar los cambios que ocurren si se aumenta uno de los reactantes, cómo afecta al equilibrio al inicio y cómo se vuelve a establecer una segunda condición de equilibrio; mientras les puntualiza que la constante de equilibrio no cambia y que la unidad que se utiliza en las concentraciones es molar (E3). Todas estas explicaciones basadas en el principio de Le Chatelier ya que, según el profesor Gabriel, este principio es muy práctico para explicar estos cambios en las reacciones (C4).

Así, para la siguiente clase, el profesor continuó con estos mismos ejemplos, mostrando a sus alumnos cómo cambiaban las gráficas dependiendo de si se agregaban o quitaban reactivos o productos (E2). Por ejemplo, al agregar un reactivo, en la gráfica de concentraciones, la línea constante de éste subía un poco y después volvía a ser constante; e igual para la gráfica de velocidades, aumentaban las velocidades para después volver al equilibrio (E2).

*“La constante de equilibrio no cambia a pesar de que las concentraciones cambian”* (A3) les explica el profesor, mientras les escribe en el pizarrón la ecuación de la constante de equilibrio ( $K_1$ ), pero ahora colocando al inicio que la constante uno es igual a la constante dos ( $K_1 = K_2$ ) (A2).

Después de esto, el profesor les explica a los alumnos que la única manera de modificar la constante de equilibrio es con la temperatura *“Toda reacción química aumenta al aumentar la temperatura. Aumenta la energía cinética”* (A3) les dice el profesor mientras dibuja nuevamente la gráfica de energía de activación, y regresando a las gráficas anteriores, les muestra como les afecta este cambio de energía a las concentraciones y por ende que la nueva constante es diferente a las constantes anteriores (E3). La mayoría de los alumnos se muestran atentos y participativos en la clase.

Al terminar de explicar, el profesor les pone a los alumnos dos ejemplos de balance de materia, los cuales al ir resolviendo junto con los alumnos en el

pizarrón (A2), les iba explicando que se debe de saber el valor de la constante de la reacción, cómo los sólidos y los líquidos puros no se toman en cuenta y la forma correcta de escribir las reacciones en la ecuación de la constante de equilibrio (A3).

La siguiente clase, el profesor enviópreamente a los alumnos por correo electrónico una serie (A2), inició resolviendo los ejercicios sobre el desplazamiento de la reacción si se agregaban o quitaban reactivos y productos, lo cual lo explicaba el principio de La Chatelier (C4). Así como también se resolvieron más ejercicios de balance de materia y explicó sobre el uso de la “Q” (A2).

Para la siguiente clase, el profesor inicia el tema de equilibrio en fase gas, por lo que les explica paso a paso cómo determinar la ecuación de la constante “Kp” a partir de la ecuación general de los gases y de las presiones parciales, colocándola en la ecuación de la constante de equilibrio (A2).

Por último, el profesor resuelve más problemas y ejercicios, donde se utilizan estas constantes (balances de materia), explicándoles nuevamente las especies que se colocan en las constantes de equilibrio y cómo afecta la temperatura (A2).

Al terminar estas clases el profesor Gabriel evaluó a sus alumnos con un examen escrito, tomando en cuenta la participación en la clase y la serie de ejercicios de equilibrio químico (D2).

## CASO DEL PROFESOR RICARDO

Para el profesor Ricardo el equilibrio químico es uno de los temas centrales en química general, ya que este ayuda a que los alumnos comiencen a familiarizarse con el tema y puedan entender lo básico del equilibrio antes de tomarlo de lleno la materia de Analítica, que es donde ven el tema más a fondo y donde los alumnos ven los equilibrios en disolución acuosa (B4). Debido a esto, para el profesor es fundamental que los alumnos entiendan la idea del equilibrio químico, qué pasa con los equilibrios y dentro de esos equilibrios químicos (B1).

El profesor comienza su primera clase pidiendo a sus alumnos que formen equipos de cuatro personas, y enseguida les proporciona una hoja, la cual tiene la historia del “pintor-despintor” y de la cual tienen que explicar lo que está ocurriendo y los factores que se están tomando en cuenta (A2). El profesor utiliza estas analogías para interesar a los alumnos y ayudarlos a entrar en el tema de equilibrio (E2). En lo que los alumnos hacen este ejercicio el profesor pasa entre los equipos para resolver las dudas de sus alumnos, así como observar y escuchar lo que realizan (D2).

Al terminar de hacer este ejercicio el profesor recoge las hojas con las respuestas de los alumnos y enseguida les proporciona una segunda hoja con otro ejercicio, esta vez sobre el “intercambio de pelotas de dos diferentes colores entre recipientes” y vuelve a pedirles que expliquen lo que pasaría si estas se comienzan a intercambiar estas pelotas, siendo que sólo pueden intercambiarse dos pelotas de un recipiente y del otro sólo una (A2). El profesor vuelve a pasar entre equipos para resolver las dudas y por último recoge los ejercicios (D2). Al final, el profesor y los alumnos discuten sobre lo que los alumnos aprendieron sobre estos ejercicios, pasándolos al pizarrón y dibujando cada caso (D2).

Para su siguiente clase, el profesor Ricardo comienza preguntándoles a sus alumnos sobre lo que conocen del equilibrio químico (A3), a lo cual muy pocos de los alumnos contestan, así que con ayuda de la poca participación, el profesor comienza a escribir algunas características del equilibrio químico y escribe la

ecuación general de una reacción y les habla sobre la reversibilidad, por lo que el profesor les vuelve a preguntar a los alumnos qué es para ellos o a qué se refiere el término de reversibilidad (A3). El profesor les pide a sus alumnos que si han visto Le Chatelier, se olviden de ese tema ya que él no lo utiliza (C4).

El profesor entonces, al ver que los alumnos no contestan la pregunta o no contestan muy claramente sobre el concepto, hace referencia del ejercicio del “pintor-despintor” visto la primera clase y les dibuja en el pizarrón como va avanzando la persona que pinta y la que despinta, y enseguida les pregunta: ¿A qué conclusión llegaron? (A3) A lo cual la mayoría de los alumnos contestan entre murmullos, por lo que el profesor les explica de nuevo mientras dibuja en el pizarrón las flechas, que: “va a llegar un punto en que la velocidad de ida y vuelta va a hacer la misma” (E1).

“Lo mismo ocurre en el equilibrio químico” les explica el profesor (A3). En seguida les coloca otro ejemplo de una reacción general y expone cómo estas velocidades se igualan para a partir de éstas determinar la ley de acción de masas, y de donde proviene la constante “Kc” (A3).

Así, el profesor les comienza a explicar también el por qué la constante K tiene el índice “c” (para las concentraciones), como se escribe y se utiliza la ley de acción de masas y que la constante del equilibrio siempre es a una temperatura constante ya que si ésta cambia el valor de la constante también cambiará (A3).

En seguida, el profesor les pone un ejercicio para que los alumnos vean cómo se utiliza la ley de acción de masas y lo que deben de tomar en cuenta al momento de escribirla, el tipo de reacción y el por qué no se toman en cuenta los sólidos ni líquidos puros en la ecuación (E3). El profesor les pone un ejercicio para que determinen la concentración del agua pura y vean el por qué ésta no es considerada (E3).

La clase continuó con varios ejercicios de diferentes reacciones para que los alumnos escriban la ley de acción de masas de cada uno de ellos (A2), de los cuales al terminar les explica como el índice de la constante “K” cambia

dependiendo de la reacción a la que se está refiriendo ( $K_f$ , complejos;  $K_b$ , para base;  $K_w$ , disociación del agua, etc.) (A3).

Al iniciar la siguiente clase, el profesor comienza haciendo un pequeño repaso sobre lo visto anteriormente (D2) y enseguida les pregunta a sus alumnos sobre lo que saben del cociente de reacción “Q” y cómo creen que se escriba su ecuación (A3), a lo que uno de los alumnos responde que “se escribe igual” por lo que el profesor les explica que efectivamente “la ecuación se escribe igual, sólo que las concentraciones no se encuentran necesariamente en equilibrio” (A3).

Después de explicarles esto y escribir la ecuación de “Q”, el profesor Ricardo les pone el ejemplo de una reacción y enseguida les pregunta sobre: ¿qué condiciones se deben de tener en el recipiente? (A3) a lo que algunos de los alumnos contestan enseguida: “cerrado y a presión y volumen constantes”. El profesor les explica entonces que, un sistema está siempre en equilibrio, siempre y cuando el sistema se encuentre cerrado (A3) y escribe en el pizarrón dos ejemplos de reacciones uno donde debe de estar cerrado el sistema (grafito más oxígeno) y uno donde sí se puede tener el sistema abierto (un ácido más agua) (E1).

El profesor continúa entonces la clase poniéndoles un ejercicio donde tienen que calcular K para una reacción por medio de la tabla de variación de especies (A2). Generalmente el profesor les dicta el nombre de los reactivos y no les da la fórmula, esto con el fin de evaluar los conocimientos que los alumnos ya deberían de tener en química, si ve que no lo recuerdan o no lo saben vuelve a recordárselos (D2).

El primer ejercicio lo realiza y resuelve el profesor y les va explicando poco a poco como resolverlo (E3), ya que, según con la encuesta realizada anteriormente, el profesor se ha percatado que a los alumnos les cuesta un poco de trabajo resolverlo, así como el razonamiento lógico- matemático necesario para determinar “ $\alpha$ ” (C3). Para el segundo deja que dos alumnos pasen a resolverlo al pizarrón (A2).



Después de esto, el profesor les comienza a explicar a sus estudiantes cómo pueden determinar  $K_p$  a partir de la ecuación de  $K_c$ . Así, por medio de la ecuación de gases ideales, el profesor les va explicando paso por paso cómo se determina esta ecuación, cómo se determina el valor de “delta v” y que, dependiendo si el valor de la constante  $K$  es mayor o menor, se desplazará a reactivos o hacia productos (A1).

La siguiente clase inicia con un ejercicio para explicar a los alumnos como se compone la ley de acción de masas en el caso de que la reacción sea en estado gas (A3), el cual pasan a resolverlo los alumnos a los cuales les cuesta un poco de trabajo responder el ejercicio por lo que el profesor les ayuda o les indica qué tomar en cuenta para poder solucionarlo (A2).

Después de este ejercicio el profesor les dicta otro, el cual, después de resolverlo, explica como, dependiendo el valor que se obtenga de “ $Q$ ”, y compararlo con la constante “ $K$ ” se indica hacia donde se encuentra desplazado el equilibrio (si “ $Q$ ” es mayor que “ $K$ ” el equilibrio se encuentra desplazado hacia reactivos, si por el contrario “ $Q$ ” es menor, el equilibrio está desplazado hacia productos y, si ambos son iguales, el sistema se encuentra en equilibrio) (A3). Por último, el profesor les pone otro ejercicio para que los alumnos lo resuelvan y determinen hacia dónde se encuentra desplazado el equilibrio (A2).

Al iniciar la siguiente clase, el profesor les dicta un problema a los alumnos, a los cuales les pide que formen equipos de cuatro personas para resolverlo y lo pasen a resolver al pizarrón (A2). El profesor alienta a sus alumnos a resolverlo diciéndoles que el equipo que pase a resolverlo obtendría puntos para el examen aunque, aun con esto son pocos los alumnos los que se animan a pasar al pizarrón, el profesor les da bastante tiempo para resolverlo (E1).

Al final, el problema es resuelto por dos alumnos con ayuda del profesor, quien les explica las cantidades que deben de tomar en cuenta cuando se les da porcentajes de disociación (A3). El problema queda casi totalmente resuelto y lo que faltó se queda de tarea.

Así, para la siguiente clase, la clase inicia con la resolución del problema que quedo la clase pasada. Como son muy pocos los alumnos que participan el profesor les vuelve a resolver y a explicar el problema con ayuda de algunos alumnos (A2).

El profesor continúa la clase dictándoles a sus alumnos un nuevo ejercicio, en el cual se pide que se analice cómo se desplazará el equilibrio cuando se tienen variaciones en el volumen (A2). El profesor les pide a los alumnos que no utilicen Le Chatelier, ya que desde el punto de vista del profesor, el principio de Le Chatelier es demasiado simple y no deja que los alumnos razonen el por qué están sucediendo los desplazamientos en el equilibrio (C4).

Al ver que los alumnos no saben cómo responder a esto, el profesor les explica cómo la constante de equilibrio “K” se puede expresar en función del volumen y cómo, al cambiar el volumen, se debe de expresar el coeficiente de reacción “Q” (A1). Así, al cambiar el volumen y compararlo con el inicial, se pueden comparar “Q” con “K” y saber hacia dónde se desplaza el equilibrio. Explicándoles enseguida lo que pasa si el cambio fuera en las presiones (A3).

El profesor les pregunta enseguida sobre el experimento de cobalto que realizaron en el laboratorio y lo que observaron (A3). Esta vez la mayoría de los alumnos le responden sobre los cambios de color que observaron. El profesor escribe en el pizarrón la reacción de cobalto y los colores a los que este cambia (rosa – azul), dependiendo si se calentaba o enfriaba (E2).

El profesor ocupa este experimento para explicarles a sus alumnos cuando un sistema es endoenergético (requiere energía) o exoenergético (libera energía), dándoles enseguida más ejemplos de este tipo de reacciones (A3). Enseguida, el profesor les explica y les da la ecuación de Van't Hoff a presión constante, la cual utiliza para explicar a los alumnos sobre el desplazamiento del equilibrio si una reacción es exoenergética o endoenergética y se aumenta y disminuye su temperatura (A1).

El profesor les explica cómo deben de comparar los cambios que tienen las constantes “K” dependiendo si aumenta o disminuye la temperatura para saber el desplazamiento del equilibrio (A3). El profesor explica varias veces esto al ver que los alumnos no comprendían muy bien estos cambios (E1).

Por último el profesor vuelve a dictarles más ejercicios con cambio de temperatura, los cuales algunos alumnos pasan a resolverlos al pizarrón con ayuda del profesor (A2). Dejándoles de tarea un problema más a resolver (D2).

El manejo del pizarrón fue bastante ordenado en la mayoría de las clases. Los alumnos eran poco participativos por lo que el profesor terminaba ayudándoles o explicando la mayoría de los problemas y ejercicios. Al finalizar el tema, el profesor los evaluó con un examen escrito, tomando en cuenta algunas participaciones, tareas y series (D2).

### **CASO DEL PROFESOR RAÚL**

Para el profesor Raúl el tema de Equilibrio Químico es importante debido a que, dice, es un proceso en el cual se obtienen rendimientos de reacción, y se demuestra que hay procesos que no sólo hay en una sola dirección, sino que son procesos que se encuentran en equilibrio y que pueden ser modificados (B1).

El profesor inicia su primera clase preguntando a sus alumnos lo que han escuchado sobre el equilibrio químico (A3), así después de que se diera una lluvia de ideas entre los alumnos (A4), el profesor les comienza a explicar los conceptos de equilibrio, reversibilidad y la igualdad de velocidades en una reacción al ir de “ida o regreso” (A3). Durante esto, la mayoría de los alumnos van preguntando al profesor sus dudas o si el profesor les hace una pregunta específica, del tema o concepto que acaba de explicar, los alumnos contestan sin problema (A3).

En seguida, el profesor les explica a los alumnos sobre la constante “K” de dónde proviene y de los diferentes valores que ésta puede tener (A3), por lo que en seguida le pregunta a los alumnos lo qué significa si ésta es mayor (A3), menor

o igual a uno, de lo cual, nuevamente los alumnos contestan correctamente hacia dónde se encuentra desplazado el equilibrio dependiendo de su valor.

El profesor, entonces, escribe en el pizarrón una ecuación general de una reacción y les escribe la ley de acción de masas, explicándoles de donde proviene y como utilizarla (A1), por lo que enseguida les coloca en el pizarrón unos ejercicios para que los alumnos pasen a resolverlos (A5). Esto con el fin de evaluar los conocimientos básicos de los alumnos, de los cuales, varios de los alumnos participan voluntariamente y resuelven sin ningún problema (D2).

Después, el profesor les explica de manera resumida cómo pasar de  $K_c$  a  $K_p$  con ayuda de la ecuación de los gases ideales (A1), también les explica que  $K_c$  y  $K_p$  es la misma constante, y que sólo se utiliza un diferente sufijo para decir si se utilizan concentraciones o presiones parciales (en caso de los gases) (A3). De esto, el profesor vuelve a poner unos ejercicios en el pizarrón, los cuales resuelven de nuevo los alumnos (A5). Al terminar la clase el profesor deja de tarea una hoja con más ejercicios de este tipo (A2).

Para el profesor Raúl es importante que los alumnos hayan comprendido la explicación teórica desde la primera clase (B1), así como también que comprendan que los sufijos que se le colocan al  $K_c$  sólo son para diferenciar los diferentes tipos de equilibrios que hay en las reacciones (B1).

El grupo del profesor es regular este semestre, por lo que tal y como lo refirió en la primera entrevista, el profesor explica más de dos veces algún tema si percibe que a alguno de sus alumnos no le ha quedado claro algún punto (E1).

Para su siguiente clase, el profesor hace un resumen de lo que vieron la clase anterior (D2), resuelve la tarea (algunos ejercicios en el pizarrón, de otros sólo se platica la resolución) y responde las dudas de los alumnos (A3). En esa misma sesión el profesor Raúl hizo una pequeña pausa para discutir con sus alumnos sobre la GACETA publicada esa semana y dialogar un momento con ellos sobre la importancia del reglamento de la UNAM, publicada esa semana.

Retomando la clase, el profesor les coloca en el pizarrón un problema para que calculen  $K_c$  y  $K_p$ . Mientras se va resolviendo, les va preguntando a los alumnos qué es lo que deben de tomar en cuenta o resolver primero (E3). Uno de los alumnos pasa al pizarrón, mientras el profesor responde personalmente dudas (E1) a los alumnos.

Así, el profesor conforme va poniéndoles distintos ejercicios y los alumnos pasan a resolverlos les va explicando los puntos que deben de tomar en cuenta cuando resuelven los problemas (E1): si la reacción es un equilibrio homogéneo o heterogéneo, el sentido en el que la reacción se toma dependiendo de  $K$  y el por qué no se toman en cuenta los sólidos ni líquidos puros, así como la forma correcta de escribir la doble flecha en una reacción en equilibrio (A3).

Después de esto y de sacar varios valores de “ $K$ ” en los distintos ejercicios, el profesor les pregunta lo que significan estos valores (A3), y al ver que los alumnos sólo discuten entre ellos la respuesta, el profesor les explica qué es para saber dónde se favorece o cómo se modifica el sistema (A3).

Así, el profesor Raúl, les pone otro ejercicio, pero ahora de balance de materia, el cual resuelve con ayuda de la tabla Inicio, Concentración, Equilibrio(ICE) y de la cual se ayuda para ir explicando a sus alumnos cómo resolver el problema (E3): las concentraciones iniciales (Inicio), cómo afectan las nuevas concentraciones (Concentración) y cómo se coloca esto en el equilibrio (Equilibrio). El profesor, entonces, les coloca la ecuación de acción de masas de la reacción y sustituye los valores (E3).

El profesor les explica a sus alumnos que a partir de esa expresión, el problema ya no es químico, sino matemático (D1). Por lo que el problema ya no se sigue resolviendo en el pizarrón sólo con ayuda de la calculadora (D1).

Debido a que muchos de los estudiantes no sabían o tenían la calculadora apropiada para poder resolver ese tipo de ecuaciones (de segundo grado), para su siguiente clase el profesor Raúl, utilizó la mayor parte del tiempo en explicar y ayudar a sus alumnos a enseñarles a utilizar la calculadora (C1).

Después de esto, el profesor les puso de nuevo ejercicios y problemas para que los alumnos pasaran a resolverlos en el pizarrón (E3). Uno de los problemas fue resuelto matemáticamente (manualmente) por uno de los alumnos, de tal manera que se pudo comprobar que las cantidades obtenidas con la calculadora no fuesen erróneas o que se aproximaran al resultado real (A5).

El profesor les dice a los alumnos que ellos ya deben de saber resolver ecuaciones matemáticas (C4), pero para acelerar la resolución y los alumnos puedan hacer más ejercicios se utiliza la calculadora. El profesor hace de nuevo una pausa para explicar el funcionamiento de otro tipo de calculadora (C2).

La clase continuó con varios ejercicios más (E3), con diferentes grados en la ecuación matemática final, para poder así resolver las dudas que los alumnos fueran teniendo con sus calculadoras. El profesor va resolviendo dudas y explicando cómo resolver los diferentes problemas (A3). Los alumnos son muy participativos y pasan a resolver la mayoría de los problemas escritos en el pizarrón.

Para los siguientes problemas el profesor resolvió problemas personales o grupales, explicando de nuevo el tema si la misma duda se daba entre los alumnos (E1). Los alumnos discuten constantemente el tema entre ellos, así como resuelven problemas en equipo (A2).

En la siguiente clase el profesor comienza haciendo un repaso sobre la clase pasada (D2), y enseguida, el profesor después de poner en el pizarrón una ecuación general de una reacción, les pregunta a sus alumnos sobre qué es lo que sucede cuando todas las especies en una reacción están involucradas (A3), a lo que la mayoría de sus alumnos junto con el profesor, responden que se tiene que saber hacia dónde se encuentra desplazado el equilibrio con el coeficiente de reacción "Q" (E1).

Así, mientras el profesor les explica la función del cociente de reacción "Q", va anotando en el pizarrón sobre hacia dónde se desplaza el equilibrio

dependiendo de la diferencia o igualdad que tiene con el valor de la constante  $K_c$  (E2). El profesor va respondiendo dudas y comentarios sobre el tema.

Al terminar la explicación, el profesor resuelve unos ejercicios sobre el tema en el pizarrón y otros ejercicios para que los alumnos pasen a resolver (E3). Enseguida, el profesor, les pone un ejemplo de una reacción que los alumnos vieron en el laboratorio (reacción del dióxido de nitrógeno) con la cual, después de darles el valor del cociente de reacción "Q" les pregunta sobre lo que quiere decir el valor (A3), a lo cual los alumnos responden sin dudar que "va a reaccionar".

Después de poner otros ejercicios, el profesor les pone el ejemplo sobre la respiración de los ciclistas y el intercambio que tiene la hemoglobina con el oxígeno en la sangre, y cómo éstos al viajar a otro país deben de adaptarse, "esa adaptación es el equilibrio" les dice por último el profesor (E2). El profesor utiliza este tipo de ejemplos para interesar a los alumnos en el tema, así como también les envía ejercicios por correo y les deja tarea sobre el tema (E3).

El profesor inicia la clase resolviendo dudas e inicia a resolver la serie que envió días antes por correo (E3). Mientras se va resolviendo la serie con ayuda de la participación de los alumnos, el profesor va explicando y preguntando a sus alumnos sobre el tema: "qué se espera que pase en la reacción, para qué sirve hacer ese tipo de predicciones en las reacciones, etc." (A3). La mayoría de los alumnos, discuten entre ellos y con el profesor las respuestas y las dudas que vayan teniendo del tema (E1).

Al llegar a uno de los problemas de la serie, el profesor les pregunta a sus alumnos cómo podrían obtener mayor producción en una de las reacciones (A3), por lo que los alumnos responden de inmediato que agregando más reactivos, después el profesor les vuelve a preguntar a sus alumnos por el cambio de las concentraciones, la constante " $K_c$ " cambiaría (A3), la mayoría contesta que no, aunque no muy seguros, por lo que el profesor les explica que la constante no va a cambiar, ya que a pesar de los cambios de la reacción, la reacción siempre se

va a mantener (A3). Los alumnos le preguntan más sobre el por qué no hay cambios en la constante.

Después de resolver estas dudas, el profesor retoma la clase y les comienza a preguntar a los alumnos sobre lo que saben o han investigado sobre el principio de Le Chatelier (A3), ya que para él, este principio es bastante sencillo y gráfico para que los alumnos comiencen a entender de forma cualitativa lo que sucede en la reacción (C4). Los alumnos responden que “es cuando se perturba el equilibrio, que se perturba Q, pero no Kc” por lo que el profesor les explica enseguida que el principio de Le Chatelier *“es cuando se perturba a uno de los reactivos, en cualquiera de los dos sentidos, y se obtienen nuevas condiciones hasta alcanzar de nuevo el equilibrio”* (A3).

En seguida el profesor les escribe en el pizarrón una reacción y les pregunta enseguida cómo podría ser modificada (A3), de lo cual varios de los alumnos contestan que “modificando las concentraciones, la presión, etc.” El profesor entonces les comienza a poner ejemplos del aumento o disminución de la concentración de uno de los reactivos, preguntándoles y explicándoles hacia donde se desplazaría la reacción y por qué, de acuerdo a Le Chatelier (E3). Al ir resolviendo estos ejemplos el profesor les hace énfasis de que, la constante Kc, no cambia, y que la única que se calcula es “Q” (E1).

Después, el profesor, les pone nuevos ejemplos, pero esta vez explicándoles el desplazamiento de la reacción al cambiar las presiones (E3). *“El equilibrio va a cambiar hacia el lado donde hay más mol”*, les explica el profesor, y en seguida les pone una reacción donde la cantidad de sustancia es igual en ambos lados *“¿qué pasa en este sistema?”* les pregunta (A3), pero al ver que los alumnos contestaban dudosos el profesor les explica en seguida que *“no pasa nada en la reacción, esta no se va a desplazar a ninguno de los dos lados y al igual que en los casos anteriores, la Kc tampoco cambia, la única manera de que ésta cambie, es si se llega a dar un cambio en la temperatura”* (A3). En este caso el profesor explica, a través de Le Chatelier, que cuando se tiene la misma cantidad de sustancia en reactivos y productos (coeficientes de reacción), entonces un cambio



en el volumen no va a afectar al equilibrio, lo cual es correcto. Sin embargo, no les está haciendo ver el porqué sucede esto, ya que no es posible entenderlo sólo con Le Chatelier, es necesario hacer un análisis de Q..

El profesor entonces, les comienza a explicar cómo, dependiendo de si la reacción es exotérmica o endotérmica y si se aumenta o disminuye la temperatura, la reacción se va a desplazar hacia productos o hacia los reactivos (A3). Después de explicar esto, el profesor les pone varios ejemplos en el pizarrón donde, al ir resolviendo, contestaba las dudas de los alumnos (E3).

Por último, el profesor les pregunta a sus alumnos “Qué le pasaría a una reacción si se le agregara un catalizador” a lo cual, los alumnos le contestan rápidamente que *“nada, ya que el catalizador sólo se utiliza para acelerar la reacción”* (A3).

Para su última clase el profesor, después de dar un breve repaso de la clase pasada (D2), continuó resolviendo los ejercicios faltantes de la serie, dejando que los alumnos formen equipos para que se ayuden entre ellos en las resoluciones (E3). El profesor pasa personalmente o contesta en el pizarrón las dudas y retoma varios de los conceptos vistos conforme va resolviendo los ejercicios (A3).

El profesor era ordenado en el pizarrón, en la mayoría de los casos los alumnos no presentaron ninguna dificultad para resolver los problemas o para entender los temas que el profesor les explicaba. El grupo era muy participativo, tanto al pasar al pizarrón como al responder las preguntas del profesor. Para su evaluación, el profesor toma en cuenta las series, las tareas, las participaciones y la calificación del examen del bloque.

## CASO DEL PROFESOR GERARDO

Para el profesor Gerardo es muy importante que los alumnos sepan que hay un equilibrio químico y que muchas de las reacciones que hay alrededor se encuentran en equilibrio (B1), ya que para él, es primordial que aprendan las bases de este tema para las siguientes asignaturas, como son la analítica y la termodinámica (B4).

Al iniciar su clase, el profesor Gerardo hace entrega de un cuestionario a los alumnos, donde les pregunta sobre el equilibrio químico y les indica que lo expliquen y digan cómo se puede saber cuándo una reacción química llega al equilibrio (D2). Después de un rato, cuando los alumnos comienzan a entregar el formulario el cual, el profesor va leyendo algunas de las respuestas de los alumnos, y enseguida les pregunta si ya han comenzado a ver el tema en el laboratorio y lo que saben sobre el equilibrio químico, esto con el fin de poder evaluar los conocimientos previos de sus alumnos (D2).

Así, el profesor comienza a hacer una lluvia de ideas en la clase, preguntándoles: “¿Qué será el equilibrio químico?” (A3), a lo que la mayoría de los alumnos contestan que “es cuando los reactivos pasan a productos y los productos a reactivos”; sin embargo, uno de los alumnos contesta en ese momento que “es cuando se consumen todos los reactivos en una reacción química” (C3) por lo que enseguida pregunta el profesor “¿En un equilibrio se acaban todos los reactivos?” (A3) a lo que la mayoría de los alumnos contestan rápidamente que “No, que es cuando los reactivos dejan de reaccionar”.

El profesor continúa preguntando y escuchando las diversas ideas que tienen los alumnos sobre el equilibrio químico (A4), para después explicarles que, a diferencia de las reacciones cuantitativas, donde la reacción es completa, en el equilibrio las reacciones son no cuantitativas (no completas) ya que los reactivos pasan a productos y los productos a reactivos “algo que caracteriza al equilibrio químico” (A3). Enseguida, el profesor, escribe en el pizarrón una ecuación de

reacción con una flecha y otra con doble flecha, indicándoles cual es la cuantitativa y cual la no cuantitativa.

“¿Algún ejemplo donde puedan imaginar un equilibrio químico?” (A3) les preguntó el profesor a lo cual los alumnos dan varios ejemplos (palear la tierra al mismo tiempo, la respiración...) y enseguida, el profesor escribe en el pizarrón de nuevo la ecuación de reacción representada con doble flecha, pero ahora indicando la igualdad de velocidades, explicándoles que es una condición de equilibrio físico (E1).

“Un equilibrio debe estar en un sistema cerrado” (A3) les indica el profesor mientras les dibuja en el pizarrón un vaso con la boquilla cerrada, con agua hirviendo. Poniendo así como ejemplo el ciclo del agua para explicarles cómo hay siempre la misma cantidad (puntualizándoles a los alumnos a cada momento que sólo es un ejemplo de equilibrio físico, ya que el agua no cambia, no hay una reacción) (E2). El profesor continuó explicando un rato más el tema de equilibrio y respondiendo las dudas de los alumnos ya que para él, según en la encuesta realizada previamente, estos conceptos e ideas son fundamentales (B1).

“¿Hay reacciones que se favorecen?” (A3) les preguntó el profesor quien al ver que los alumnos dudaban sobre la respuesta, les explicó “*Sí, sí hay reacciones que se favorecen, con ayuda de la temperatura, la presión... por ejemplo...*” (A3) el profesor les dibujó entonces una gráfica de una reacción para que los alumnos pudiesen ver cómo cambian las concentraciones con respecto al tiempo hasta hacerse constantes la cual se le conoce como “K” de equilibrio y que ésta se puede encontrar como  $K_c$  para las reacciones heterogéneas y acuosas o  $K_p$  para representar presiones de gases, escribió en el pizarrón mientras se los explicaba (E2).

Después, el profesor les escribe de nuevo la ecuación de reacción y la ecuación de acción de masas, donde les ejemplifica, con una reacción sencilla, cómo se escriben  $K_c$  y  $K_p$  (E2). Los alumnos, al no entender varios de estos conceptos, preguntan de inmediato al profesor, quien les responde rápidamente

sus dudas, ya sea personalmente, para todo el grupo o vuelve a explicar el tema, esto con el fin de que los alumnos se interesen en el tema (E1).

El profesor entonces les indica que si la constante tiene el valor de “1” es porque la reacción se encuentra en equilibrio, pero si ésta es mayor o menor a uno indica hacia donde se encuentra desplazada la reacción ya sea a productos o reactivos (A3). Para explicar mejor esto, el profesor les da un ejemplo sobre los cambios de color que tiene con la temperatura el dióxido de nitrógeno, preguntándoles primero si ya lo habían visto en el laboratorio, y platicándoles sobre la historia de esta reacción (A1).

Enseguida, el profesor les escribe la ecuación de acción de masas de la reacción de dióxido de nitrógeno, dándoles un valor de la constante, por lo que enseguida les pregunta a los alumnos “¿Qué es lo que me dice ese valor?” (A3). A lo cual los alumnos responden que “indica hacia dónde se encuentra desplazado el equilibrio”, el profesor entonces, comenzó a cambiar el valor de la constante de equilibrio, para después preguntarles a los alumnos de hacia dónde se encontraba favorecida la reacción (A3).

Por último, el profesor les ejemplifica la forma correcta e incorrecta de utilizar la ecuación de acción de masas (A3), ya que, al pasar los alumnos a hacer unos ejercicios al pizarrón, algunos de ellos se equivocaban al tomar en cuenta los sólidos y líquidos puros (C4), cosa que corrige y explica rápidamente el profesor, así como las unidades que se utilizan para las presiones y cuando no hay coeficientes estequiométricos (A3).

Para su siguiente clase el profesor inicia haciendo un repaso de lo visto anteriormente (D2), les preguntar sobre de lo que recuerdan la clase pasada y sobre qué aspectos creen que son los más relevantes sobre el equilibrio químico, esto para ir evaluando los conocimientos del grupo (D2).

Los alumnos son bastante participativos ya que responden la gran mayoría de las preguntas del profesor (A4), y con ayuda de estas respuestas el profesor escribe en el pizarrón las características vistas sobre el equilibrio químico, así

como también va respondiendo las dudas que los alumnos tuvieron al estudiar el tema en libros (A3).

El profesor les pregunta entonces sobre los investigadores de la ley de acción de masas y sobre el año en que fue postulado el principio de Le Chatelier, a lo cual la mayoría de los alumnos vuelven a contestar sin problemas (A1).

Así, después de dar un último repaso del uso de  $K_c$  y  $K_p$ , el profesor, para demostrar a los alumnos que la concentración de los reactivos o productos no afecta a la constante, pone a sus alumnos a completar una tabla (A5), la cual tiene tres experimentos realizados a una reacción, cada experimento con diferentes concentraciones de reactivos o productos. Así al ir resolviendo su constante, está salía igual en los tres experimentos.

“La relación entre ellos va a ser constante no importa que le pongan” (A3) les explica el profesor dejándoles enseguida de tarea que investiguen como afecta la temperatura a la constante y la ecuación de Van't Hoff.

Continuando con el tema, el profesor les pone ahora un ejercicio (E3), donde los alumnos tienen que encontrar el valor de la constante, por lo que al tener el valor de ésta (el profesor ya lleva la mayoría de los ejercicios resueltos), el profesor les pregunta “¿Qué quiere decir ese valor de  $K$ ?” (A3) Los alumnos se muestran dudosos al tratar de responder, por lo que el profesor enseguida les explica que, el valor de “ $K$ ” va indicar hacia qué lado va a estar favorecida la reacción, “si  $K$  es igual a uno la reacción se encuentra en equilibrio, pero si es mayor o menor que uno quiere decir que el sistema no está en equilibrio” (A3). El profesor escribe en el pizarrón los diferentes valores que puede tener  $K$  y hacia donde se desplaza la reacción o si se encuentra en equilibrio (E3).

En seguida el profesor les proporciona unas hojas a sus alumnos con ejercicios para que los realicen en clase (A2) y después de un rato pasa a sus alumnos a resolverlos al pizarrón, mientras él pasa personalmente con sus alumnos a resolver dudas (E1). Después de esto, el profesor les habla y muestra

la reacción del proceso de Haber, y de nuevo realiza algunos ejercicios en el pizarrón con ayuda de la participación de los alumnos (A2).

El profesor, después de terminar con los ejercicios, les comienza explicar sobre cómo se determina la ecuación para poder determinar  $K_p$  a partir de  $K_c$  y viceversa, con ayuda de la ecuación general de los gases (A1). Así, les va resolviendo en el pizarrón de manera bastante resumida, cómo llegar a la ecuación de la relación de constantes y enseguida, de nuevo resuelve problemas sobre este tema (E3).

Después, el profesor les vuelve a poner problemas (E3), pero esta vez ya sobre balance de materia en reacciones en equilibrio, donde al ir resolviendo estos problemas el profesor va respondiendo dudas y regresa de nuevo a explicar algunos puntos al ver que algunos de sus alumnos aún no entendían como colocar los exponentes en la ecuación (C4).

Para su siguiente clase, el profesor primeramente, hace un repaso de los conceptos vistos la clase pasada (D2), así como resolución de dudas y pregunta sobre la tarea que dejó de esto. El profesor resuelve problemas de la serie (enviada por correo electrónico), sobre todo los problemas que a los alumnos les causaron mayor conflicto (E3).

El profesor continuó preguntándoles a sus alumnos sobre lo que estudiaron acerca de los factores que afectan al equilibrio (A3), a lo que la mayoría de los alumnos respondieron sobre los factores que lo afectan y hacia donde se desplaza el equilibrio según sea lo que lo está perturbando, de esto, el profesor les explica que “se debe de saber si una reacción es exotérmica o endotérmica y que con el principio de Le Chatelier se pueden hacer predicciones cualitativas para hacerlas cuantitativas” (A3).

El profesor, entonces, da un pequeño repaso sobre lo que es una reacción exotérmica y una endotérmica (A3), y enseguida resuelve varios ejercicios en el pizarrón sobre cómo afecta el cambio de concentración, temperatura, presión o catalizador en un sistema en equilibrio (siguiendo el principio de Le Chatelier) (E2).

El profesor explica todos estos cambios con el principio de Le Chatelier, ya que piensa que es más sencillo de entender que haciendo cálculos que la mayoría de los alumnos no entenderían (C4).

El profesor va respondiendo las dudas conforme realiza estos ejercicios el profesor, si veía errores los corregía, enfatizando a todo el grupo o preguntándoles si el ejercicio estaba bien o mal (E2). Después de esto el profesor les da una hoja con ejercicios a sus alumnos para que los resuelvan por equipo, así, después de un rato, los alumnos pasan a resolver los ejercicios al pizarrón (voluntariamente) (A2). Algunos equipos resuelven rápidamente los ejercicios, otros vuelven a preguntar sus dudas al profesor. El profesor hace estos ejercicios por equipo para que entre los alumnos se apoyen y se ayuden entre ellos (E2). Para terminar el profesor les deja de tarea más ejercicios y que repasen sobre los ácidos y bases de Bronsted y Lowry.

En la siguiente clase, después de hacer un repaso (D2), el profesor, para terminar el tema les da a sus alumnos varios ejemplos de la vida cotidiana sobre el equilibrio químico (temperatura corporal, la respiración y sobre estalactitas y estalagmitas) las cuales algunas ocasionaron algunas dudas en los alumnos E2). Por último, para evaluar todos estos conceptos, les hace un examen escrito (D2).

El profesor es más o menos ordenado en el pizarrón, en el salón hay un buen ambiente. Su clase está diseñada para involucrar a los estudiantes (A2). Se dieron todos los temas pedidos en este bloque. El profesor tuvo asesores para ayudarlo y apoyar a las dudas de los alumnos así como asesorías.

## CASO DEL PROFESOR JULIO

Para el profesor Julio el tema de Equilibrio Químico es una materia muy importante, ya que es el sustento para las siguientes asignaturas que los alumnos llevarán los próximos semestres, sobre todo en química analítica y la química inorgánica (B4).

Al iniciar su clase, el profesor Julio les dice a sus alumnos los temas que se verán en este bloque (B2), y enseguida, el profesor comienza a explicar el tema con ayuda de un proyector. “¿qué es el equilibrio químico, qué entienden por equilibrio químico?” les pregunta (A3), a lo que algunos de sus alumnos le responden que “es cuando esta la reacción en un punto estable” (A4) Por lo que el profesor les vuelve a preguntar “¿estar en movimiento es estar en equilibrio (A3), de qué dependerá?” Los alumnos comienzan a murmurar entre ellos, pero no dan una respuesta clara, por lo que el profesor, cambiando la diapositiva, les dice “vamos a ver lo que no es un equilibrio”. Haciendo este tipo de preguntas el profesor, evalúa el conocimiento e ideas previas que los alumnos tengan (A3).

En las diapositivas se muestran varios ejemplos de equilibrios físicos (sube y baja, niños cavando en la nieve), por lo que el profesor les pregunta a sus alumnos cuáles de ellos se encuentran en equilibrio y cuáles no (E2). Los alumnos comienzan a responderle el profesor que “en los equilibrios mecánicos son cuando no hay movimiento” (A4), el profesor les pregunta entonces la diferencia entre un equilibrio dinámico y uno estático, de los cuales los alumnos discuten entre ellos las posibles respuestas y las imágenes, cosa que aprovecha el profesor para explicarles y preguntarles más sobre el tema (A4).

“¿Qué relación tendrá el equilibrio químico con el artículo “De los corales a los rascacielos”?” Les pregunta enseguida el profesor (A3), quien había dejado días antes leer el artículo. Los alumnos comienzan a platicar y a comentar el artículo entre ellos y con el profesor, discutiendo y explicando cómo era que varias de las reacciones en la naturaleza se daban gracias al equilibrio químico (A4).



Después de esto, el profesor continuó entonces con su explicación con ayuda de las diapositivas, mostrando los momentos y las condiciones en las que se da el equilibrio químico (sistema cerrado, equilibrio dinámico) (E2). Enseguida, el profesor les muestra una gráfica, donde se observa el cambio de la concentración con respecto al tiempo hasta llegar al equilibrio, por lo que el profesor de nuevo les pregunta a los alumnos sobre lo que les dice la gráfica, a lo cual los alumnos le contestan que “muestra como tanto los reactivos y productos se transforman, y como se mantienen constantes” (E2).

El profesor les coloca en la siguiente diapositiva como antes se escribía una reacción en una sola dirección, pero que ahora en el equilibrio ésta tendría ahora dos direcciones ya que son reversibles (E2). “Generalmente se dice que cuando ya no se ven cambios en una reacción, ésta ya terminó de reaccionar, pero en un equilibrio no” les explica el profesor (A3), así como, cómo se puede llegar a saber que está en equilibrio dinámico si estas reacciones no se pueden ver, la importancia de que se encuentre en un equilibrio cerrado y su reversibilidad (A3).

Para su siguiente clase, el profesor inicia hablando sobre los conceptos y condiciones del equilibrio vistos la clase pasada ya que para él, es muy importante que tengan bien entendido estos conceptos (E1). Después, el profesor continuó por un rato más utilizando el proyector para volver explicar algunos conceptos (reversibilidad) y preguntando a sus alumnos sobre lo que han estudiado del tema de equilibrio (A3).

En seguida el profesor les explico el porqué algunas reacciones son altamente cualitativas, de alta transformación; otras no cualitativas ya que tienen una transformación baja, y las que tienen cantidades similares en ambos lados (A3). El profesor pregunta a sus alumnos sobre si han visto algunas de estas reacciones en el laboratorio, además de ir contestando las dudas de los alumnos (A3).

En seguida, el profesor les comienza a explicar los criterios que se deben tener para establecer el equilibrio: microscópico, cinético (igualdad de

velocidades), termodinámico y matemático (energía de reacción). Para ejemplificar les coloca imágenes o alguna reacción en donde se puede observar cada uno de los criterios (E2).

Después el profesor les da una breve explicación de cómo se utiliza la ley de acción de masas, así como les da varios ejemplos y ejercicios en el pizarrón para que los alumnos pasen a resolverlos (A3). El profesor les va explicando y resolviendo dudas de los alumnos conforme responden los ejercicios (E1).

“¿Qué es lo que nos dice la ley de acción de masas?” les pregunta el profesor (A3), por lo que la mayoría de los alumnos responden diversas cosas (no responde uno solo, si no varios de los alumnos al mismo tiempo) por lo que el profesor les explica “La velocidad a la que se lleva a cabo una reacción es proporcional a la concentración expresada en mol/L de las sustancias reaccionantes elevadas a su valor estequiométricos” (A3). Mientras dice esto el profesor vuelve a escribir en el pizarrón la ecuación de acción de masas, por último, el profesor les vuelve a explicar un poco más sobre cómo utilizar la ecuación y les deja tarea y más ejercicios para la próxima clase (E1).

Para su siguiente clase, el profesor vuelve a hacer un breve repaso sobre lo visto la clase pasada y responde algunas dudas que los alumnos tenían (D2). En seguida, el profesor les pregunta a sus alumnos sobre lo que saben acerca de la del cociente de reacción “Q” y les explica cómo algunas concentraciones no van a determinar a la constante K, sino el cociente de reacción “Q” que es el cociente de concentración (A3).

El profesor, entonces, les comienza a explicar a sus alumnos sobre las características de estos cocientes y el significado de los valores que tienen, poniéndoles ejemplos de distintos valores de K, para explicar así si la reacción más o menos cuantitativa (E2). El profesor les pone varios ejemplos en el pizarrón y les explica cómo estas características van a dar una dirección de la reacción, cómo cada reacción tiene una K definida a una cierta temperatura, la relación que tienen entre si las constantes K y el cociente de reacción Q, y el porqué no se

toman en cuenta, en la ley de acción de masas los sólidos ni líquidos puros (A3). Conforme va explicando, el profesor va resolviendo dudas y si es necesario vuelve a explicar el tema (E1).

Así, el profesor continuó explicándoles a los alumnos sobre los diferentes subíndices que llega a tener la constante “K”, y sobre los valores que puede llegar a tener según su temperatura, las cuales, les explica “pueden encontrar en tablas” (A3). El profesor vuelve a poner varios ejemplos los cuales va resolviendo en el pizarrón con ayuda de los alumnos, mientras les va preguntando sobre el tipo de reacción, y las predicciones que pueden hacer sobre la reacción al determinar o saber el valor de la constante (E1).

Para finalizar la clase el profesor pregunta a sus alumnos sobre la serie que les envió por correo y si tienen dudas al ir resolviéndolo, por lo que al ver que muchos de los alumnos no habían podido resolver uno de los problemas, el profesor lo resolvió y explico en el pizarrón (A2). Al ir resolviendo otros ejercicios, la mayoría de los alumnos que pasaban a resolverlo aún tenían problemas para entender el por qué los sólidos y líquidos de la reacción no se tomaban en cuenta, por lo que el profesor regresaba constantemente a explicar el tema y da una breve explicación de cuándo utilizar  $K_c$  o  $K_p$  (E1).

Al comenzar la siguiente clase el profesor resuelve dudas y da una breve explicación de lo visto la clase pasada (D2), y enseguida, continúa explicando sobre cuándo utilizar  $K_c$  o  $K_p$  para después darles la fórmula para pasar de  $K_c$  a  $K_p$  y cómo determinar “delta n” (sólo les da la fórmula, el profesor no la desarrolla) (A3).

El profesor, les vuelve a enfatizar los distintos tipos de índices que puede llegar a tener la constante “K” y que éstas sólo representan los diferentes tipos de reacciones más no que sea una diferente constante (A3). Así como también, al ponerles un ejemplo, al ir resolviéndolo, el profesor les pregunta el “porqué ya no se va a tomar un reactivo limitante” (A3) a lo cual tanto los alumnos como el profesor explican que “es porque las especies siempre se están dissociando” (A4).

Después, el profesor comienza a explicarles los factores que afectan el equilibrio químico, por lo que comienza a hablarles sobre el principio de Le Chatelier (da un poco de su historia) y enseguida les comienza a preguntar sobre lo que plantea Le Chatelier y sobre los factores que afectan el equilibrio químico (A1), y aunque el profesor buscaba enfatizar su clase sin basarse en este principio, los alumnos contestan diferentes factores y varias cosas basadas sobre el principio de Le Chatelier (A5). El profesor va corrigiendo o preguntando más sobre el tema según los alumnos fueron dando las respuestas (E1).

En seguida el profesor les platica y les muestra el método de Haber para la obtención de amoníaco (A1), explicándoles cómo, a partir de cambios en las concentraciones, la reacción se desplaza hacia un lado o al otro, hasta alcanzar de nuevo el equilibrio, esto para interesar más a los alumnos en el tema (E1). Los alumnos comienzan a preguntarle al profesor más sobre esto, por lo que el profesor les coloca otros ejemplos y después les explica el efecto que se tiene por el cambio de presión y el sentido al que se le favorece según la cantidad de sustancia que tenga la reacción presentada (A3).

Al iniciar la clase, el profesor inicia discutiendo de nuevo sobre el artículo “De los corales a los rascacielos” (E2) pero ahora dando un enfoque y explicación con lo visto las clases anteriores y, después de resolver algunas dudas sobre la tarea dejada en clases pasadas, el profesor comienza a preguntar y a resolver las dudas que los alumnos tienen sobre la serie de equilibrio (E3).

Conforme va resolviendo estos problemas el profesor continúa preguntando a sus alumnos y haciéndoles énfasis y correcciones en las respuestas que los alumnos dan al pasar al pizarrón a responder (E3).

En los temas que el profesor ve que sus alumnos tienen mayor dificultad los vuelve a explicar y resuelve los ejercicios o les pone un nuevo ejemplo a resolver (E1). El profesor les recuerda a cada momento a los alumnos lo que tienen que estudiar, y que no sólo se queden con lo que se ve en clase (B1).

En la siguiente clase, el profesor Julio hace una pequeña discusión sobre lo visto la clase pasada y resuelve unas dudas que los alumnos tenían aún sobre la serie (A3). Enseguida, les coloca un problema de estequiometría, donde al ir resolviendo, el profesor les explica que, al no haber un reactivo limitante se tiene que establecer una "X" la cual indica cuanto es lo que se está transformando. El profesor dibuja en el pizarrón un círculo con una fracción representando "X" (E3).

El profesor realiza el problema hasta llegar a la ecuación matemática, para despejar "X", la cual pasa a resolver un alumno, verificando el resultado, por último, al resolver para la constante "K" (E3).

Al colocar un siguiente problema, el profesor les explica que, en este caso, si hay un reactivo limitante, ya que hay un poco más de uno de los reactivos, por lo que les pregunta a los alumnos que "¿Qué es lo que se espera o qué es lo que va a pasar con esos valores?" (A3) A lo cual uno de los alumnos contesta que "va a haber un grado mayor de transformación" (A4). El profesor resuelve el problema explicando a sus alumnos basándose en el principio de Le Chatelier (E3).

Así, el profesor les vuelve a poner más problemas de este tipo y va contestando las dudas de sus alumnos (A3), así como los propios alumnos hacen equipos en el salón para apoyarse a entender la explicación o la resolución de los problemas (A4). El profesor repite mucho y regresa al tema, ya que ha notado que a los alumnos les cuesta entender este tema (E1).

Por último, el profesor les da a resolver a los alumnos un problema, para cambiar de  $K_c$  a  $K_p$  y deja más ejercicios de tarea (E1).

Para su última clase el profesor Julio, comienza discutiendo sobre la clase pasada (D2). Después, continúa resolviendo en el pizarrón junto con sus alumnos varios ejercicios de la serie, preguntándoles a cada momento a sus alumnos qué es lo que entiendes al resolver los problemas y qué se puede interpretar con los resultados obtenidos, así como también vuelve a explicarles varios de los puntos vistos en clases anteriores (E3).

Para la evaluación, el profesor utilizó un examen escrito (D1), también tomó en cuenta la entrega de la serie y la participación de los alumnos. Casi no hubo relación con contextos cotidianos, el manejo del pizarrón fue un poco desordenando.

### **CASO DEL PROFESOR JAVIER**

Para el profesor Javier la enseñanza del equilibrio químico es importante ya que en todas las reacciones químicas hay un equilibrio, siempre hay una parte que se forma y otra que se regresa (B1), piensa que es bueno que los alumnos conozcan éste tema en el segundo semestre ya que después, en los siguientes cursos, necesitarán las bases de este tema (B3).

El profesor comienza su primera clase preguntando a los alumnos sobre lo que saben sobre el equilibrio químico (A3), dejando que los alumnos hagan una lluvia de ideas, varios de ellos responden diversas respuestas (A4). De estas respuestas, el profesor solo asentía con la cabeza si la respuesta era favorable o en caso contrario cuestionaba de nuevo a los alumnos (A4). Con esto el profesor busca evaluar las ideas previas de sus alumnos, así como la planeación de la siguiente clase (D2).

El profesor entonces, con ayuda de dos alumnos inicia una experiencia de cátedra de dos peceras (E3), una de las cuales está llena de agua y otra vacía y, después de hacer que por un rato los alumnos comiencen a vaciar al mismo tiempo el agua de una pecera a la otra, el profesor les dice a los alumnos que “supongan que se está representando una reacción química, y se están pasando de reactivos a productos y de productos a reactivos” (A3). Así después de haber dejado pasar un tiempo, el profesor les hace ver a los alumnos como el agua de ambas peceras comienza a ser constante, ya que no cambia el nivel del agua en ninguna de las dos (E3).

“Si alguno lo hace a distinta velocidad ¿qué creen que va a suceder?” les pregunta ahora el profesor (A3), a lo que la mayoría de los alumnos contestan que “ya no va a cambiar, que va a quedar una más que el otro o que se va a volver a igualar con el tiempo” (A4). El profesor no aprueba o desaprueba ninguno de estas respuestas, sólo continuó con la clase. Esta experiencia de cátedra la utiliza el profesor como estrategia para interesar a los alumnos en el tema (E1).

El profesor les explica entonces a los alumnos que, por convención, se les llama productos o reactivos según hacia donde este indicada la flecha de la dirección de la reacción, pero que ahora iba a ser diferente (A3).

El profesor les pide a otros alumnos que le ayuden con un experimento (A5), por lo que le da a cada uno un tubo de ensayo con diferentes sustancias (polvos), los cuales los alumnos, después de colocarles otro reactivo líquido, comienzan a agitarlos (hasta que muestran un cambio en el color) (E3). Mientras hacen esto, el profesor les comienza a preguntar de nuevo sobre lo que los alumnos están observando (A3), la mayoría de los alumnos responden a las preguntas del profesor, quien se detiene hasta que las preguntas son más cercanas a la correcta (A4). El profesor nunca dice cuáles reactivos se utilizaron en los experimentos.

Después de esto, el profesor les escribe y les explica a los alumnos la reacción que observaron en los tubos (A3), y les deja de tarea que revisen un documento enviado a una página del grupo.

Continuando con la clase, el profesor les comienza a explicar las características del equilibrio químico, escribiendo en el pizarrón una ecuación general de una reacción con doble flecha para mostrar el equilibrio y la igualdad de velocidades (A3), con la que les desarrolla de manera sencilla la ley de acción de masas (A1), la cual les deja a los alumnos que investiguen más sobre el tema. Uno de los alumnos le pregunta al profesor, del por qué la constante es adimensional, a lo que el profesor le contesta que después responderá su pregunta (esto no se corrige).

El profesor continúa explicando a sus alumnos que, dependiendo si el valor de la constante “K” es menor, mayor o igual a uno; el equilibrio se desplazara hacia reactivos o hacia productos o se mantendrá, y que si “K” es igual a uno no significaba que se tuviese la misma cantidad de reactivos y de productos, sino que se igualan las velocidades (A3).

Regresando a uno de los tubos que uno de los alumnos agitó, el cual yacambio totalmente de color, el profesor comienza a preguntar sobre “¿Cómo sería la constante para esa reacción?” (A3) La mayoría de los alumnos responde que mayor a uno, pero al mismo tiempo le preguntan al profesor si esto dependía de que el reactivo sea incoloro, por lo que el profesor le explica que en ese caso “se tiene que saber cuántos productos y reactivos se tienen en caso de ser incoloros” (A3), también les comenta a sus alumnos que la ecuación de una reacción se puede escribir al revés, pero que eso se discutirá en la plataforma de dudas (página para que los alumnos y el profesor se puedan comunicar después de clases y discutan sobre sus dudas o sobre la clase) (A4). Esta plataforma, le ayuda al profesor a interactuar mejor con sus alumnos, y busca que ellos se comprometan más con la clase (B1). La mayoría de los alumnos síinteractuaban en la página y participan colocando sus dudas o contestando las de sus compañeros (A4).

Después de discutir un rato y explicarles sobre los valores de la constante, el profesor les da un ejemplo de una reacción de ácido-base. Al darles el valor de la constante de esa reacción (A3), el profesor les comienza a preguntar a sus alumnos sobre lo que les dice la constante y sobre qué sucedería en caso de escribir la ecuación al revés y sobre qué sucedería con la constante si se cambiara la concentración de productos o reactivos (A3), los alumnos le responden sin ningún problema al profesor, y si llegan a tener dudas el profesor les pide que las pongan en la plataforma (A4).

El profesor les continúa explicando y poniendo ejemplos, “siempre se debe de poner la temperatura a la cual se está trabajando, ya que la constante “K” se afecta con la temperatura. Las concentraciones pueden variar sin afectar el valor



de “K”, a excepción de la temperatura” les indica el profesor mientras escribe las reacciones en el pizarrón (A3).

En seguida el profesor les pregunta los tipos de equilibrios que se tienen (A3), los cuales comienza a escribir en el pizarrón conforme los alumnos le contestan (A4). Después el profesor les explica cómo expresar la constante de equilibrio dependiendo del tipo de reacción (ley de acción de masas), así como el por qué no se colocan los líquidos ni los sólidos puros (A3). El profesor les coloca a los alumnos varios ejercicios para que los alumnos pasen a resolver al pizarrón, de los cuales varios se equivocan al contestar, por lo que el profesor los corrige de inmediato (E3).

El profesor les muestra a los alumnos en uno de los ejercicios cómo sacar las dimensiones de la constante y les explica que también se habla de “Q” pero que él no lo trata, por lo que pide a los alumnos que ellos revisen ese tema por su cuenta, ya que este tema es complicado para el profesor (A4).

“¿Qué factores afectan el equilibrio?” les pregunta en seguida el profesor (A3), a lo que los alumnos contestan en seguida “la temperatura, la presión y la concentración” (A4), por lo que de nuevo el profesor les vuelve a preguntar “¿Quién dijo cómo afectaban estos cambios?” (A3) A lo que rápidamente los alumnos respondieron que Le Chatelier... (A4)

El profesor termina la clase recordando a sus alumnos que pasen a poner sus preguntas a la plataforma y les pide que propongan ahí mismo alguna otra experiencia de cátedra con respecto al equilibrio químico (E1).

Para la siguiente clase el profesor, con ayuda de un proyector hace un repaso de todos los temas vistos la clase pasada (D2), por lo que de manera bastante rápida vuelve a explicar de manera teórica el equilibrio químico, la ley de acción de masas, etc. Así como también les da un poco de historia de estos temas (E1).

El profesor continúa con la presentación, explicándoles sobre las presiones parciales y los tipos de equilibrios químicos, de los cuales les comienza a explicar dándoles el mismo ejemplo de una reacción ácido-base (A3). Después da un poco sobre las reacciones de complejos y producto de solubilidad (E3). Los alumnos comienzan a preguntar sobre el tema, ya que el profesor pasa muy rápido las diapositivas, por lo que el profesor se detiene y les vuelve a explicar el tema (E1).

Así, mientras el profesor les explica sobre los valores de la constante "K", les dice a los alumnos la importancia de aprenderse estos conceptos ya que los utilizarán en sus siguientes materias (termodinámica y cinética) (B4). El profesor continúa colocándoles ejemplos e imágenes de reacciones, así como las tablas de los valores de la constante "K" a diferentes temperaturas (E1).

Después, el profesor comienza a preguntarles a sus alumnos sobre el principio de Le Chatelier (A3), a lo que los alumnos responden que lo afecta dependiendo la concentración, temperatura o presión (A4). El profesor entonces, les da varios ejemplos de cómo afecta y se desplaza el equilibrio según las variaciones de concentración, presión o temperatura (A3). Este principio es, para el profesor, muy general y sencillo para que los alumnos comiencen a entender estos cambios (C4).

Al ir haciendo uno de estos ejercicios, el profesor les muestra de manera sencilla cómo determinar la ecuación para pasar de  $K_c$  a  $K_p$  (por la ecuación de gases ideales), así como también, cómo determinar el "delta n" (E3).

El profesor continuó poniendo ejercicios, pero ahora estequiométricos, por lo que les explica cómo ir resolviéndolos paso a paso (E2), sin embargo, en estos ejercicios, no se resuelve el valor de "x", solo los dejan hasta la sustitución de datos (C4). El profesor pregunta a sus alumnos a cada momento si tienen dudas, el despeje de "x" lo deja de tarea (C3).

Para su siguiente clase, el profesor vuelve a poner ejercicios y su solución por estequiometría (E2), pero el profesor pasa muy rápido las soluciones de los ejercicios y no explica detalladamente el procedimiento.

El profesor vuelve a preguntar sobre el equilibrio químico (A3), a lo cual los alumnos responden correctamente o el profesor completa la respuesta (A4). Los alumnos le preguntan al profesor sobre los catalizadores y cómo afecta en el equilibrio químico, a lo que el profesor deja que entre los propios alumnos contesten esa pregunta (A4).

El profesor vuelve a dar un breve repaso de cómo afecta la presión a un sistema y enseguida comienza a proyectarles de estequiometría (A3), a lo cual, el profesor, al ver que los alumnos al no comprender bien el procedimiento, pasa a uno de ellos a resolverlo en el pizarrón, donde, si el alumno no sabía o se equivocaba el profesor lo ayudaba o corregía (A2).

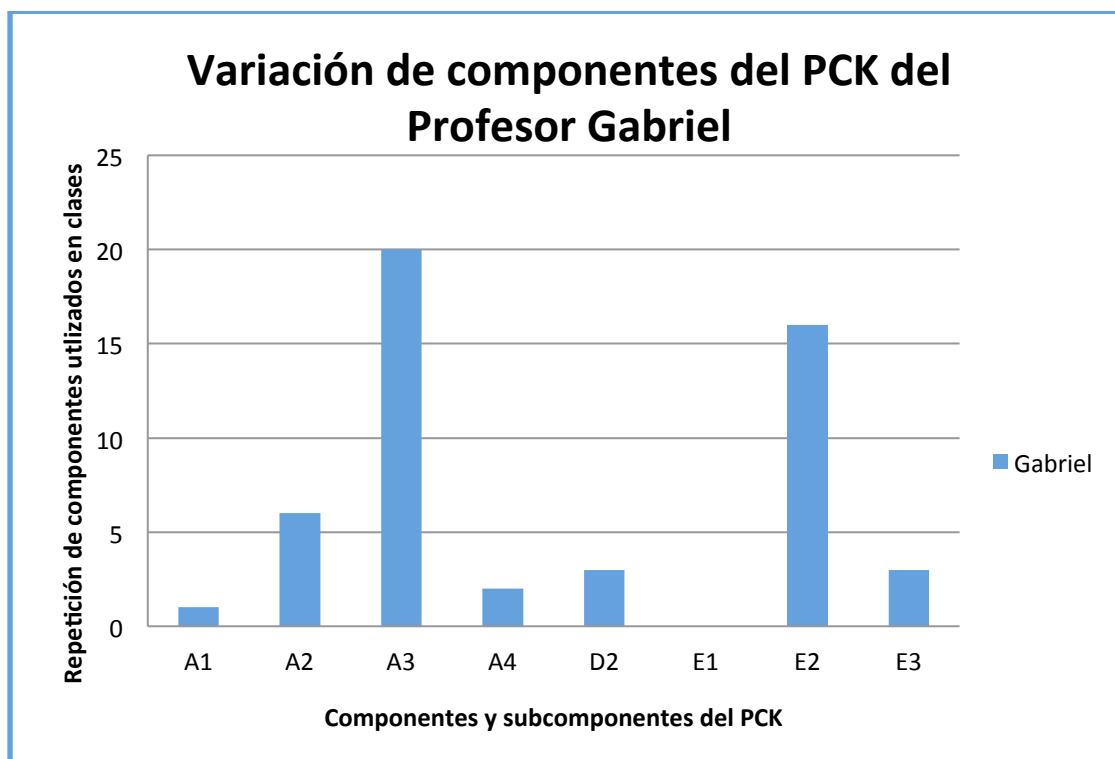
Así, al ir resolviendo los siguientes ejercicios el profesor les seguía preguntando o explicando cómo ir resolviendo (A3). Para finalizar la clase el profesor les da un ejemplo donde no hay reactivo limitante y otro donde si lo hay, explicando y resolviendo lo que sucede en uno u otro caso (E3).

Al finalizar el bloque el profesor evalúa a los alumnos con un examen escrito y otro examen en línea (plataforma), dándoles el mismo peso a los dos, también toma en cuenta las participaciones en clase y la asistencia en la página web (D2). El manejo del pizarrón es un poco desordenado.

## **COMPONENTES DEL PCK**

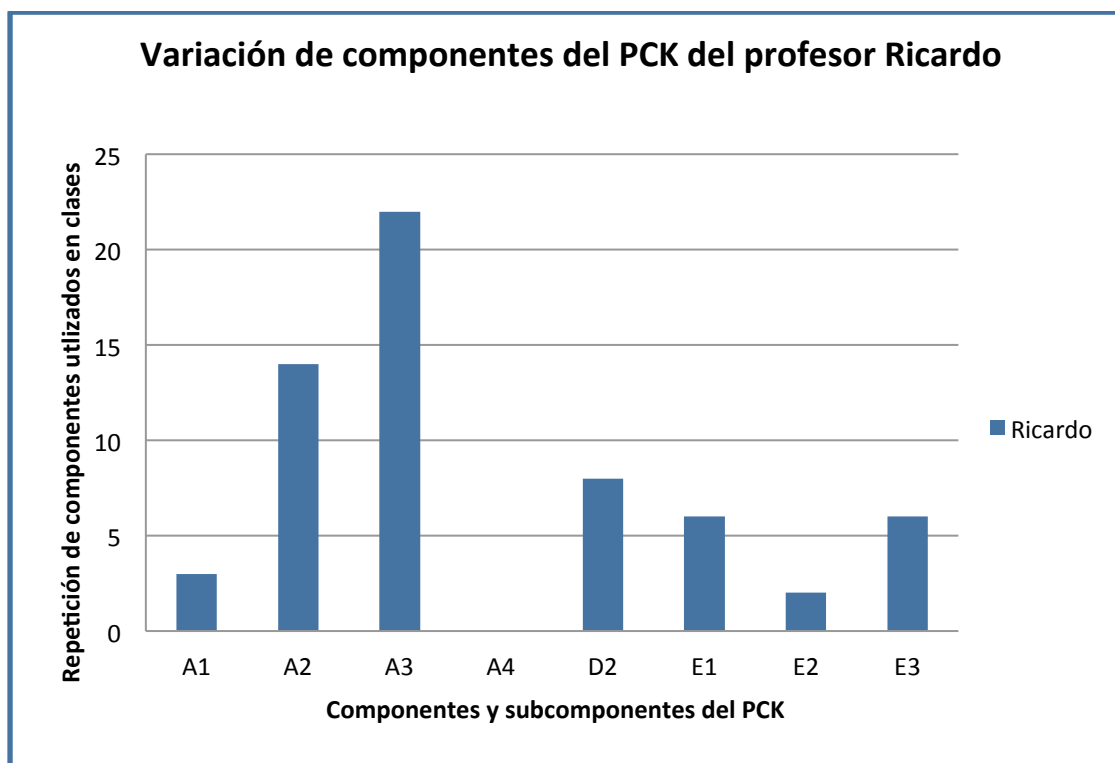
A continuación se presentan los resultados obtenidos de los componentes observados en los casos de los profesores, los cuales fueron registrados desde el punto de vista del observador. Estos componentes registrados fueron contabilizados y graficados, para conseguir un perfil de los profesores, donde todos, resultaron ser mayormente tradicionales, como se puede observar enseguida:

**Grafica 1.** Componentes del PCK mayormente utilizados por el profesor Gabriel.



En el caso del profesor Gabriel, aunque se observa que es mayoritariamente tradicional (A3), también hace uso de otros enfoques, pero en una menor medida (A2). Sin embargo, si bien el profesor en sus clases da información general, discursos y preguntas directas, principalmente; también se pueden observar que, a menudo, hace uso de otras estrategias para ayudar a complementar su clase, como son las ilustraciones, ejemplos y analogías (E2) las cuales se muestran en la gráfica con una repetición considerable. Otra de las estrategias con las que el profesor trabaja, pero una menor medida es con los problemas, demostraciones o simulaciones (E3). Por último, otras de las estrategias que utiliza el profesor, pero que aparece con pocas repeticiones en la gráfica, es la evaluación de los estudiantes (D2), ya que el profesor sólo se apoya de ésta, con preguntas directas a sus alumnos y un examen.

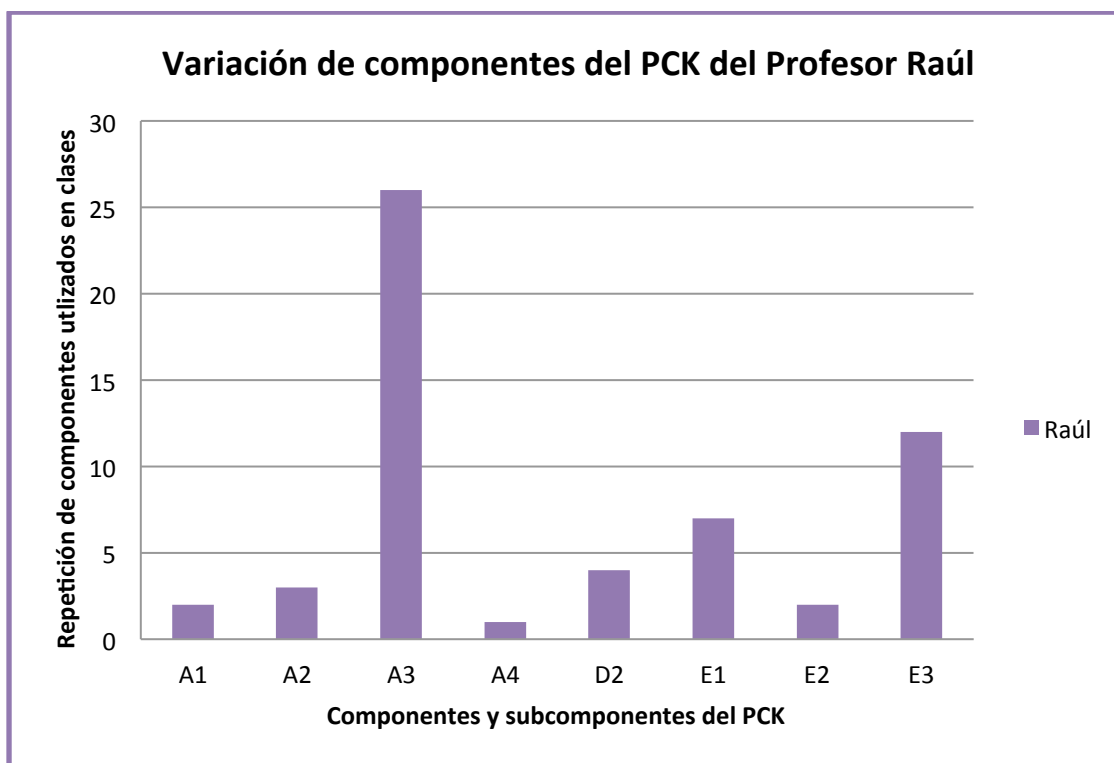
**Grafica 2.** Componentes del PCK mayormente utilizados por el profesor Ricardo.



El profesor Ricardo, aun siendo mayoritariamente tradicional (A3), ya que hace uso en sus clases principalmente del discurso, información general y preguntas directas, también utiliza otros enfoques como son el intercambio de problemas y actividades entre los estudiantes (A2), y en una menor medida, la representación de procedimientos empleados por científicos (A1).

También se puede observar que hace uso de otras estrategias para apoyar sus clases, como en el caso (D2), ya que pregunta constantemente a sus estudiantes conforme va explicando los temas; también el (E1), donde hace uso de estrategias generales para enseñar casi cualquier tema; el (E3), ya que se apoya de problemas y demostraciones; y en una menor repetición el (E2), puesto que hace muy poco uso de ilustraciones o analogías.

**Grafica 3.** Componentes del PCK mayormente utilizados por el profesor Raúl.

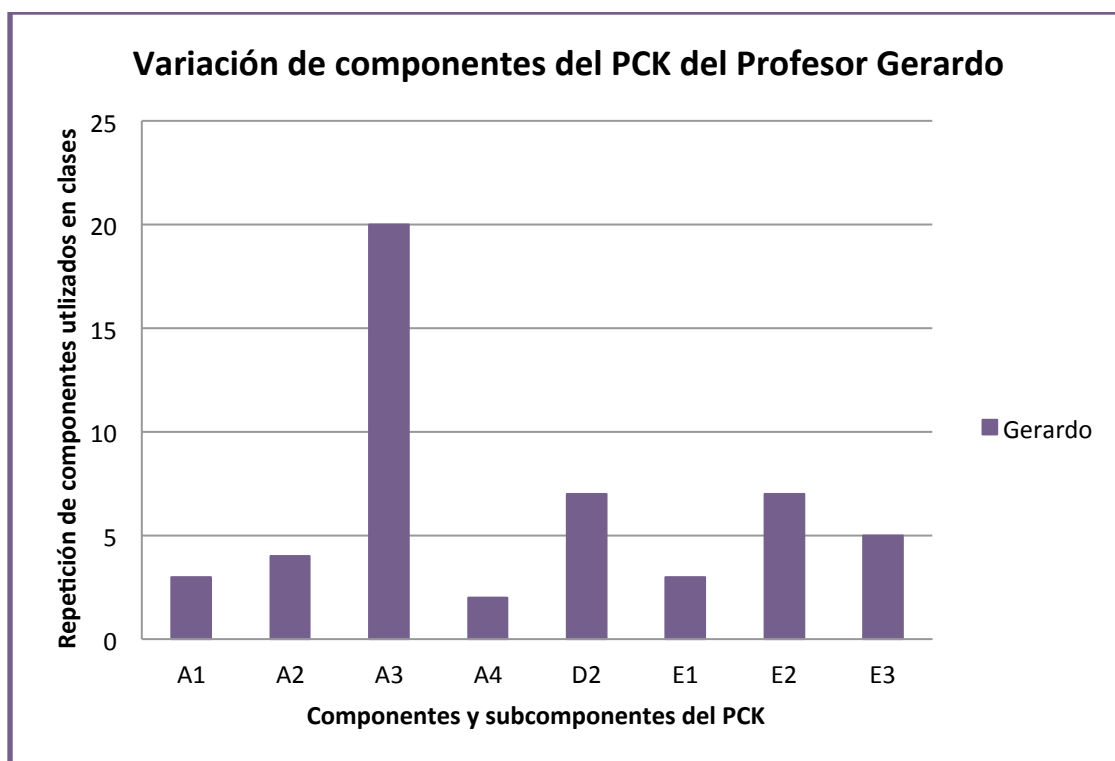


En ésta gráfica se observa que, para el caso del profesor Raúl que es mayoritariamente tradicional (A3), ya que en clase utilizaba repetidas veces, el discurso directo y preguntas directas, también hace uso de los demás enfoques pero en una menor medida como son (A2), (A1) y (A4), ya que en ocasiones hacía uso de problemas en clase, representación de procedimientos y, a veces, dejaba que sus alumnos explicaran lo que habían entendido en clase o en clases pasadas.

Sin embargo, se puede observar que el profesor, para ayudar a su clase también utilizaba otras estrategias que, aunque se encuentran también en una menor medida, son utilizadas de manera continua por el profesor. De estas otras estrategias, la que tiene un uso mayor fueron: la resolución de problemas (E3), después las estrategias generales para explicar un tema (E1), así como también, en ocasiones, les preguntaba a sus alumnos lo que habían entendido de las

clases pasadas (D2) y; presentaba, algunas veces el uso de ilustraciones y ejemplos o analogías (E2).

**Grafica 4.** Componentes del PCK mayormente utilizados por el profesor Gerardo.

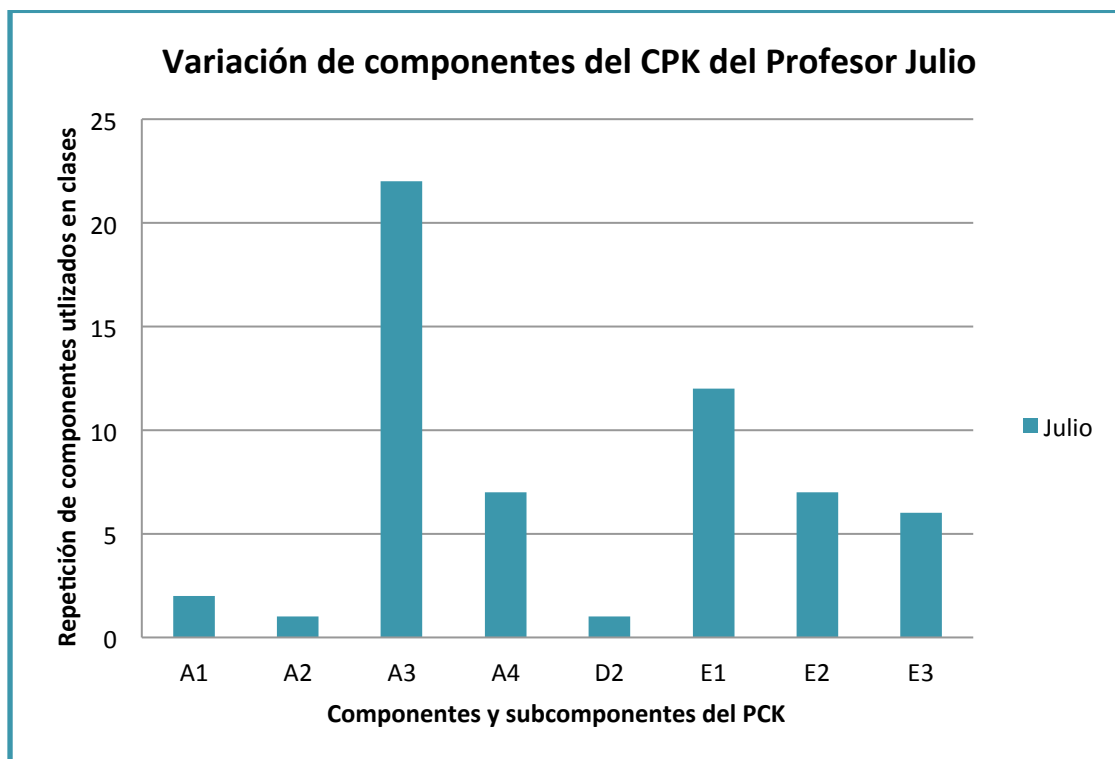


En el caso del perfil del profesor Gerardo, se observa que éste es mayoritariamente tradicional (A3), ya que tiene gran número de repeticiones de esta orientación. Sus clases se basan principalmente en dar información general, discursos y preguntas directas. Sin embargo, también se puede observar que hace uso de otros enfoques como: el intercambio de problemas y actividades entre los estudiantes (A2), representación de procedimientos (A1) y algunas ocasiones, dejando que los propios estudiantes explicaran el concepto (A4).

El profesor Gerardo, para complementar la clase, también hace uso de otras estrategias, pero en menor medida, como son el ir preguntando en clase sobre lo que iban entendiendo del tema los alumnos (D2), representación de algunos

temas con ejemplos, ilustraciones o analogías (E2), resolución de problemas en clase (E3) y el uso estrategias generales (E1).

**Grafica 5.** Componentes del PCK mayormente utilizados por el profesor Julio.



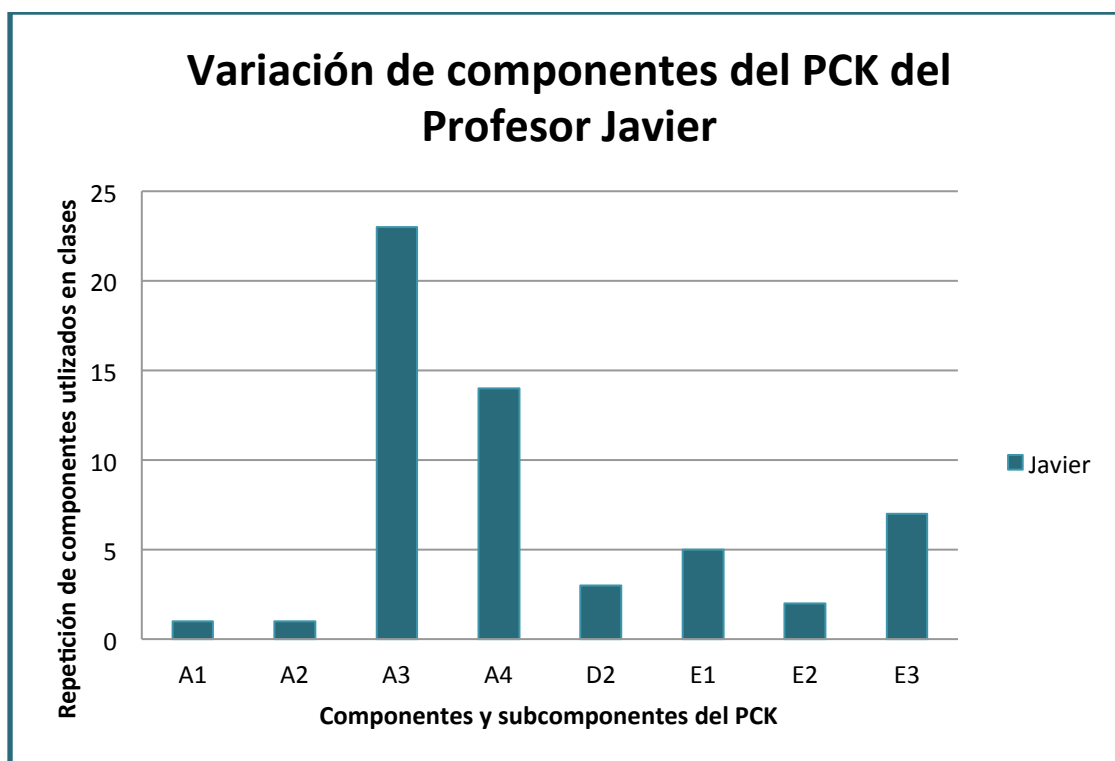
El profesor Julio, quien también es mayoritariamente tradicional (A3), ya que generalmente hace uso del discurso directo, información general en lectura y preguntas directas; aunque también se puede observar que hace uso de otros enfoques, pero en menor medida, como son: el (A4), ya que a veces, deja que los estudiantes expliquen algunos de los conceptos; el (A1), presenta el procedimiento empleado por los científicos en modo de ejemplos; y el (A2), algunas veces dejaba ejercicios para que resolvieran en equipo.

También se puede observar que, el profesor Julio se apoya mucho en otras estrategias para complementar sus clases, ya que aparte de utilizar estrategias generales (E1), también hace uso de representaciones, ejemplos e ilustraciones (E2), o también hacía uso de resolución de problemas (E3) y en una menor



medida, evaluaba por medio de preguntas directas, la comprensión de sus estudiantes (D2).

**Grafica 6.** Componentes del PCK mayormente utilizados por el profesor Javier.

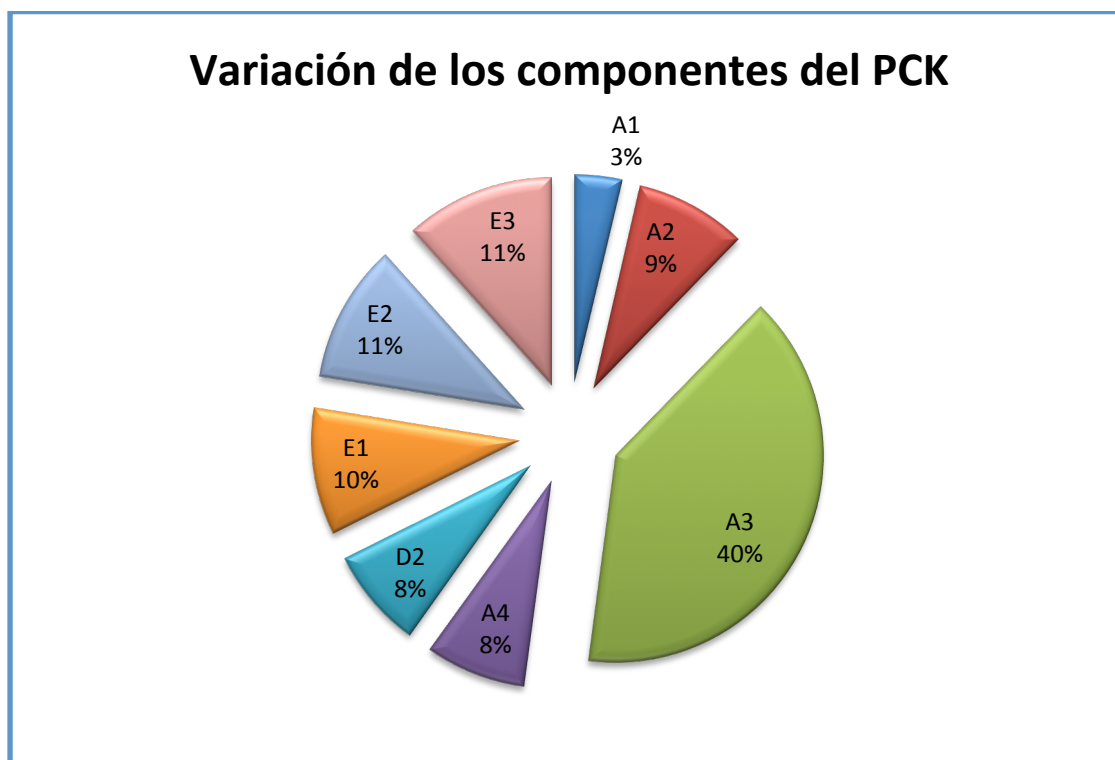


En el caso del profesor Javier se puede observar que, aunque es mayoritariamente tradicional (A3) (la mayoría de sus clases se basan en el discurso y algunas preguntas directas), también hace gran uso del enfoque de cambio conceptual (A4) ya que deja que los alumnos exploren y lleguen a una explicación de los conceptos a su manera. Otros enfoques utilizados por Javier, aunque en menor medida, son las representaciones de los procedimientos y el intercambio de problemas o actividades entre los alumnos (A1) y (A2).

Otras de las estrategias que utiliza el profesor para apoyarse, pero de menor repetición, son las actividades y resolución de algunos problemas (E3), así como también utiliza estrategias generales de enseñanza (E1), presentación de modelos

y analogías (E2) y las preguntas directas que hace a sus estudiantes para evaluar su comprensión (D2).

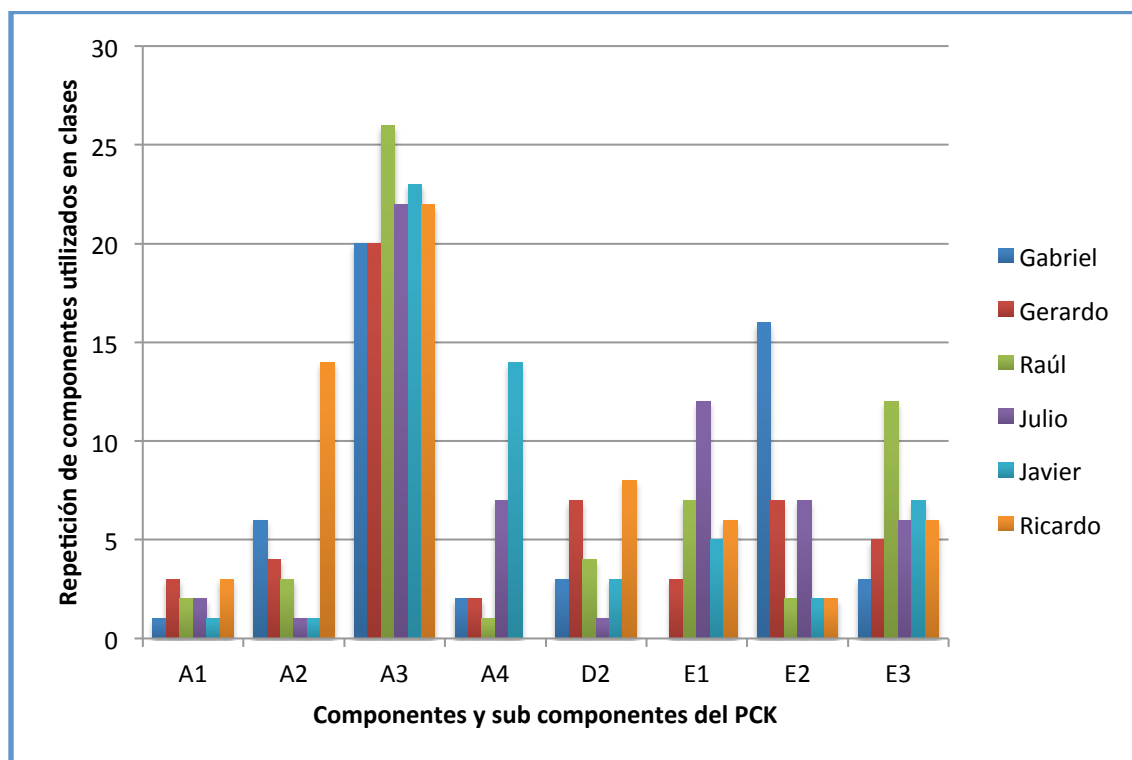
**Grafica 7.** Variación de los componentes del PCK mayormente utilizados por los profesores observados.



Con ayuda de la gráfica 7 se puede observar un perfil general de todos los docentes, el cual muestra que son mayoritariamente tradicionales, ya que todos los profesores utilizan en sus clases una orientación tradicional (es decir una enseñanza centrada en el docente) (A3) y por la cual se muestra una variación del 40%.

Sin embargo, se puede observar que la mayoría de estos profesores, para apoyarse en sus clases y apoyar su didáctica, también utilizan un componente específico del PCK (E), catalogado en tres subcomponentes: estrategias generales (E1), representación de tópicos específicos (E2) y actividades de tópicos específicos (E3); los cuales dan un porcentaje un poco mayor a 30%.

**Grafica 8.** Variación de los componentes del PCK mayormente utilizados por los profesores observados.



Como se puede observar en la gráfica 8, los profesores son mayormente tradicionales- algunos más que otros-, ya que las repeticiones que se pudieron observar en clase fueron principalmente sobre ese enfoque, siendo el profesor Raúl quien hace más uso de éste.

A pesar de esta similitud en las clases de los profesores, la mayoría tiende a ocupar otras estrategias con mayor frecuencia que otros, para apoyar sus clases, por ejemplo: El profesor Gabriel tiene una mayor frecuencia a hacer representaciones de un tópico específico (E2) lo que significa que plantea en clase más representaciones del equilibrio que los demás; por otro lado, el profesor Javier, se apoya en los estudiantes para expliquen los conceptos (A4); el profesor Ricardo, tienden más a apoyarse en el intercambio de problemas y actividades entre los estudiantes; mientras que, el profesor Raúl, hace mayor uso de actividades específicas (E3) como ejercicios y resolución de problemas; y por

último, el profesor Julio, tienden más a utilizar estrategias generales de enseñanza (E1) de tipo tradicional.

De las estrategias menos utilizadas u observadas en clase se puede observar que fue la (A1). Sin embargo, éste componente solo fue el menos utilizado en clase, ya que hay otras estrategias que no aparecen en gráficas que son los componentes (B) y (C), así como sus sub-componentes, ya que éstos no se podían percibir directamente en clase, pero que los profesores mostraban que los utilizaban intrínsecamente, puesto que estas estrategias son esenciales para el diseño de sus clases.

## PROTOCOLO REFORMADO DE OBSERVACIÓN DE LA ENSEÑANZA

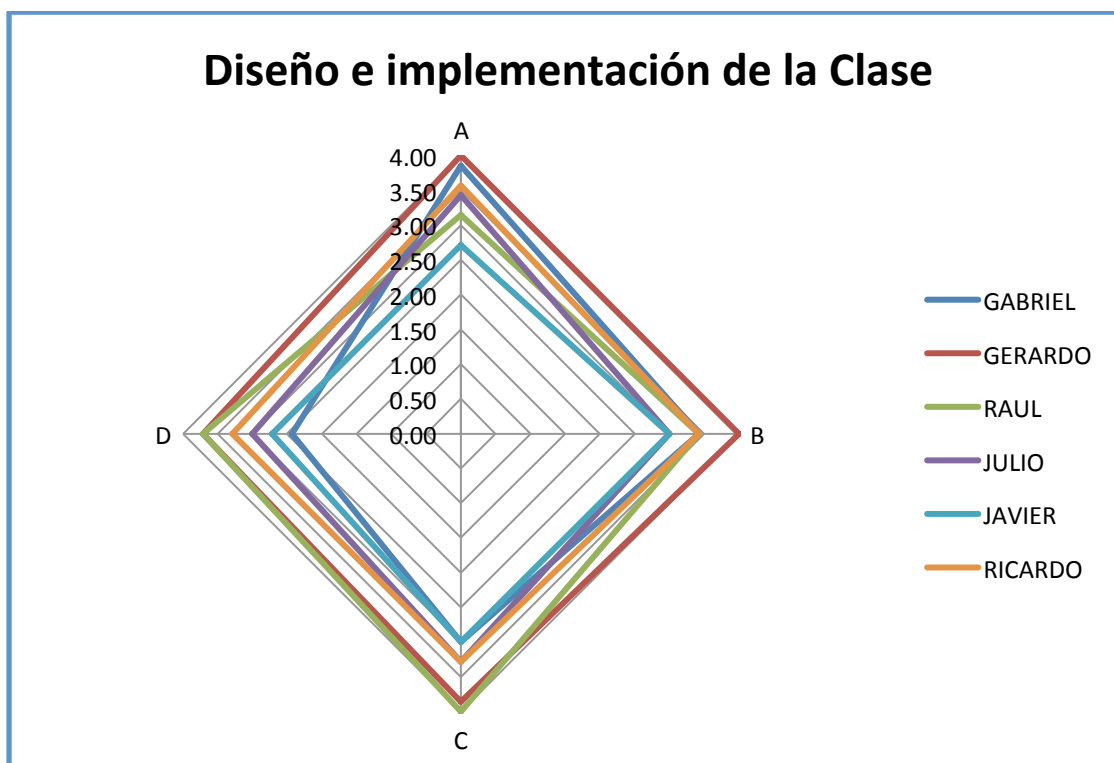
A continuación se presentan los resultados obtenidos de las observaciones de las clases que se hicieron usando el Protocolo Reformado de Observación de la Enseñanza (RTOP, por sus siglas en inglés). Como ya se dijo en el capítulo de metodología se realizaron observaciones de para cada profesor y de todas la sesiones en dónde se impartió el tópico de equilibrio químico. El RTOP evalúa tres diferentes aspectos de la práctica docente: diseño e implementación de la clase; contenido (conocimiento proposicional) y cultura en el salón de clases. A continuación iremos analizando los resultados de cada uno de estos aspectos.

**Tabla 5.** Diseño e implementación en clases. (RTOP)

<b>A</b>	Estrategias instruccionales y actividades, tomando en consideración el conocimiento previo y las preconcepciones
<b>B</b>	Clase está diseñada para involucrar a los estudiantes
<b>C</b>	Los estudiantes hacen una exploración del tema antes de la clase
<b>D</b>	Enfoque y dirección de la lección determinado por las ideas de los estudiantes

En la gráfica 9 se puede observar que, en cuanto a las estrategias y actividades que consideran los conocimientos de los estudiantes (A) se puede observar cómo la gran mayoría de los profesores toman en cuenta el conocimiento previo y las preconcepciones de los estudiantes; sin embargo, es de resaltar que ninguno de ellos baja de 2.5, lo que significa que de una u otra forma las ideas previas son importantes para todos ellos.

**Grafica 9.** Diseño e implementación en clases. (RTOP)



En cuanto a involucrar a los estudiantes en la clase (B) se puede observar que existe un interés real en que los estudiantes participen en las clases. La mayor puntuación la obtiene Gerardo, sin embargo, ninguno de los otros profesores estuvo por debajo de los dos puntos, lo que permite concluir que para estos docentes la participación estudiantil es fundamental.

Para la mayoría de los profesores, es importante que sus alumnos estudien el tema antes de cada clase (C), ya que como se muestra en la gráfica todos los profesores están por encima de la mitad de los puntos, siendo Raúl y Gerardo los profesores que más seguido pedían esta exploración a sus alumnos.

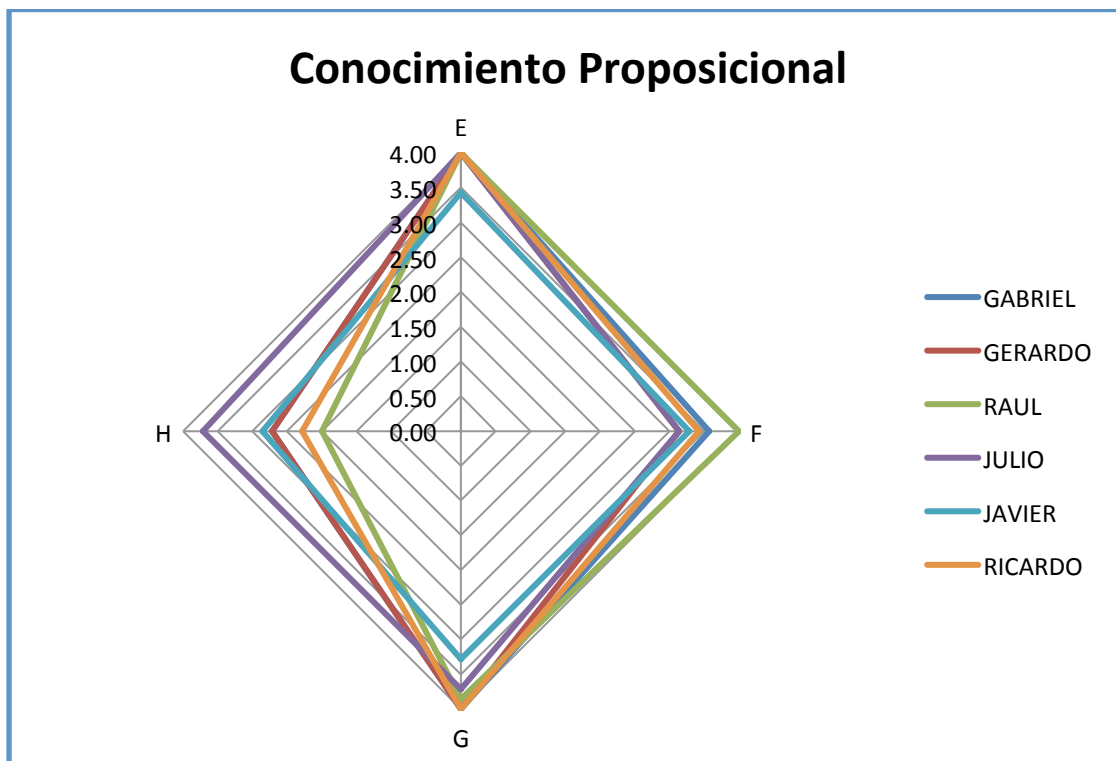
En la mayoría de las clases de los profesores, la gran mayoría de las veces los profesores tomaban en cuenta la participación y comentarios de los estudiantes (D), sin embargo, algunos de los profesores no siempre tomaban estas opiniones en cuenta, como se puede notar en los casos de Gabriel y Javier, quienes estuvieron solo un poco por encima de la media. Sin embargo, cabe

recalcar que este punto fue evaluado por la participación o comentarios de los estudiantes en clase que el observador de clase pudo notar.

**Tabla 6.** Contenido. (RTOP)

<b>E</b>	La instrucción incluye conceptos fundamentales del Equilibrio Químico
<b>F</b>	La lección promueve un entendimiento conceptual fuerte y coherente
<b>G</b>	El profesor tiene un dominio sólido del contenido
<b>H</b>	Se exploran conexiones de la vida cotidiana

**Grafica 10.** Contenido (Conocimiento Proposicional). (RTOP)



En la gráfica 10, con respecto a las instrucciones observadas (E), se muestra cómo la gran mayoría de los profesores incluyen todos los conceptos

fundamentales del equilibrio químico, exceptuando por el profesor Javier, quién desde la primera entrevista, dijo que había un tema que le causaba problemas y que por ende no lo daba, sin embargo, cabe recalcar que, aún con esto, el profesor también obtuvo un buen puntaje.

Para el caso del punto (F) se muestra cómo en la mayoría de las clases de los profesores se tiene un entendimiento conceptual fuerte y coherente, ya que la mayoría se encuentra por arriba de la media. Sin embargo, las diferencias que hay entre los profesores son debido a lo observado en clase por las preguntas recurrentes de los alumnos y según las evaluaciones finales realizadas por los profesores (exámenes).

Con lo que respecta en el dominio sólido del contenido (G) se muestra cómo la gran mayoría de los profesores no tenían ningún problema al exponer los temas de equilibrio químico y como todos obtuvieron buenos puntajes, excepto por el profesor Javier quien, como se mencionó con antelación, él mismo dio a conocer en la primera entrevista, no era muy bueno con uno de los tópicos específicos del equilibrio químico.

En cuanto a las exploraciones de la vida cotidiana (H), el profesor que más utilizó esta estrategia fue Julio, quien daba más representaciones, sin embargo sólo otros dos de los profesores están por encima de la media, mientras que los otros dos quedaron por debajo, mostrando así que no a todos los profesores les interesa poner este tipo de ejemplos.

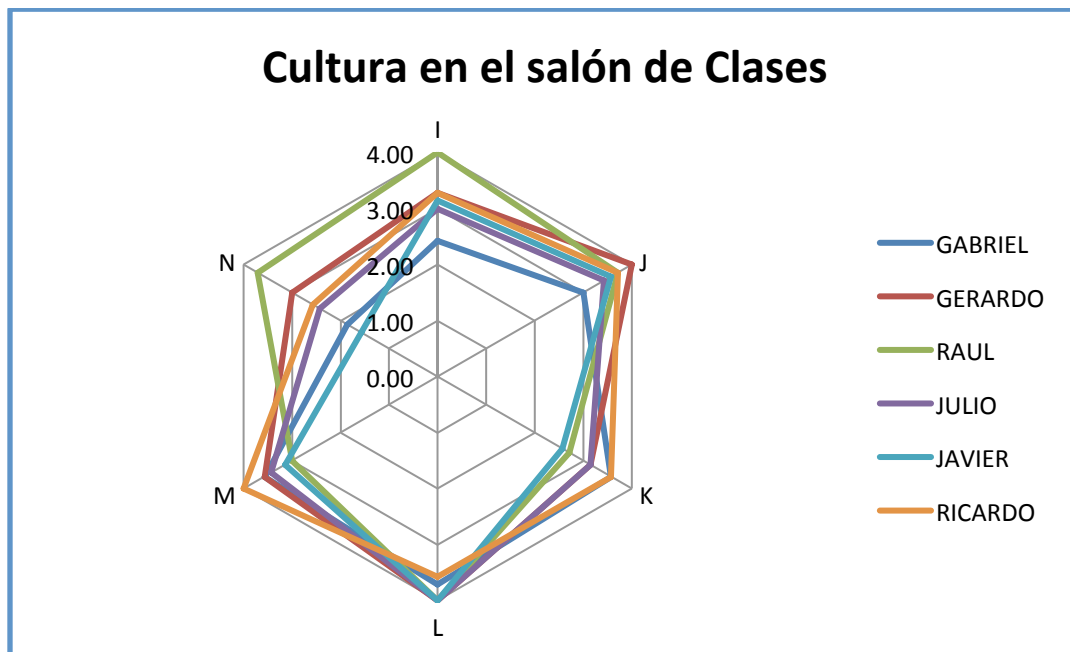


**Tabla 7.** Cultura en el salón de clases. (RTOP)

<b>I</b>	La dirección de la clase responde en gran medida las preguntas y comentarios de los estudiantes
<b>J</b>	Se promueve y valoriza la participación de los estudiantes
<b>K</b>	Se alienta a los estudiantes a generar conjeturas, estrategias alternas para alcanzar una solución
<b>L</b>	En general, el profesor es paciente con los estudiantes
<b>M</b>	El maestro actúa como un guía, trabajando para apoyar a los estudiantes
<b>N</b>	La metáfora “El maestro como oyente” caracteriza este salón de clase

En la gráfica 11. En cuanto a la dirección de la clase (I) la mayoría de los profesores tomaban muy en cuenta las preguntas y opiniones de los estudiantes para explicar o seguir explicando los tópicos, algunos más frecuentemente que otros, ya que la mayoría de este tipo de direcciones dependía de qué tanto los alumnos eran o no participativos en clase.

**Gráfica 11.** Cultura en el salón de clases. (RTOP)



En el caso de la promoción y valorización de la participación de los estudiantes (J), la mayoría de los profesores se encuentran por encima de la media, por lo que se puede concluir que todos los profesores valoran y alientan a la participación de los estudiantes.

En alentar a los estudiantes a generar conjeturas y estrategias alternas para alcanzar una solución (K) la mayoría de los profesores, aunque están por encima de la media, debido al tiempo de clase (comentarios de la mayoría de ellos en las entrevistas), optan por sólo enseñar un tipo de estrategia en específico para solucionar los problemas de equilibrio químico.

La mayoría de los profesores son pacientes con sus estudiantes (L), ya que todos se encuentran con un alto puntaje, tomando en cuenta que este punto fue estimado por el observador quien se basó en el tiempo que esperaban los profesores para que sus estudiantes dieran una respuesta o resolvieran problemas planteados en clase.

En algunos casos, los profesores actúan totalmente como guías y trabajan para apoyar a sus estudiantes (M), lo cual es en la mayoría de los casos como se puede ver en la gráfica ya que la mayoría se encuentra por encima de la media, sin embargo, algunos profesores prefieren que los estudiantes sean los que lleven la clase a través de sus participaciones y opiniones, creando la metáfora del “maestro como oyente” (N) como se dio en el caso de las clases del profesor Raúl, donde los alumnos mostraron mayor participación o guiaban la clase con sus cuestionamientos de los temas que ellos mismos estudiaban antes de clase.

En el caso de los demás profesores, la mayoría muestran un equilibrio entre estos dos últimos puntos, ya que están por encima de la media en ambos casos, sin embargo, en el caso de Gabriel y Javier, quienes se encuentran por debajo de la media en el punto (N) mayormente preferían llevar ellos el ritmo de las clases.

## CONCLUSIONES

---

Con ayuda de este proyecto se logró indagar sobre el conocimiento pedagógico del equilibrio químico en seis profesores que imparten actualmente el curso de Química General II en el segundo semestre de las carreras que se cursan en la Facultad de Química de la UNAM.

En este estudio se obtuvo que los profesores observados fueron mayoritariamente tradicionales al momento de impartir sus clases; sin embargo, entre ellos variaban el tipo de estrategias secundarias para complementar sus clases.

Algunos de los profesores tenían bastantes similitudes, como es el caso de Raúl y Gerardo, quienes principalmente se basaban en el desarrollo de muchos ejercicios (problemas, tareas y series) dentro y fuera del aula. Por otra parte Julio y Javier, se ayudaban mucho en los trabajos extra clase, proyectores para presentar la clase; mientras que, en los casos de Gabriel y Ricardo, sus clases fueron muy diferentes entre ellos y entre los demás profesores debido a cómo abordaron el tema de los cambios en el equilibrio químico desde una perspectiva diferente.

Sin embargo, un factor muy importante que dictaba la forma en que los profesores daban la clase, la planeaban o incluso si ésta iba de manera rápida o lenta eran los alumnos, quienes, dependiendo si mostraban interés o no en la clase ésta se volvía más dinámica o estática. Esto provocaba que, aunque los profesores muchas veces quisieran cambiar un método o estrategia en su enseñanza, los alumnos forzaban de cierta manera para que las clases fuesen tradicionales.

Vale la pena señalar que, aunque todos remarcan la importancia del tema para los cursos de química analítica, la mayoría se basaba en Le Chatelier y no en

el análisis de las constantes de reacción y tampoco hacían uso de las tablas de variación de especies que son muy utilizadas en esos cursos.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Dagher Z. (1995). Review of studies of the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education* 79(3), 295-312.
- De Jong, Veal W., Van Driel. (2002). Exploring chemistry teachers' knowledge base. *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 369-390.
- Ganarasa C., Dumonb A., Larchera C. (2008). Conceptual integration of chemical equilibrium by prospective physical sciences teachers. *Chemistry Education Research and Practice* 9, 240-249.
- Garritz A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollar y promover el aprendizaje, *Educación Química* 21(2), 106-110.
- Garritz A., Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación química* 15, 2-6.
- Garritz A., Trinidad-Velasco, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. *Educación Química* 17, 236-263.
- National Research Council, *National Science Education Standards*, Washintong, DC, National Academic Press, IX + 252 pp., 1996.
- Kind V. (2004). Más allá de las apariencias. Edit. Santillana. 17-23, 107-122, 133-14.
- Magnusson S., Krajcik J., Borko H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. *PKC Science Education*, 95-132.
- Newsome C. (1999). Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. *PCK and Science Education*, 51-94.

- Padilla K., Ponce de León A. M., Rembado M., Garritz A. (2008). Undergraduate Professors' «Amount of Substance» Pedagogical Content Knowledge, *International Journal of Science Education*. 30(10), 1389-1404.
- Padilla K., Van Driel J. (2011). The relationships between PCK components: The case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*. 12:3, 367–378.
- Quílez J. y San José V. (1996). El principio de Le Chatelier a través de la historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico. *Enseñanza de las ciencias*. 14 (13), 381-390.
- Quílez Pardo J. (1998). Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Educación Química* 9, 367-377.
- Quílez Pardo J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas aplicaciones didácticas. *Profesores al día (fisicoquímica)*, 101-112.
- Quílez Pardo J. (2002). Una propuesta curricular para la enseñanza de la evolución de los sistemas en equilibrio químico que han sido perturbados. *Educación química* 13, 170-187.
- Quílez Pardo J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a los libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 219-240.
- Quílez Pardo, Lorente C., Sendra B., Chorro G., Enciso O. (2006). Química 2, bachillerato. Edit. ECIR, 163-202.
- Raviolo A., Garritz A. (2009). Analogies in the teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature. *Chemistry Education Research and Practice* 10, 5-13.

- Sawada D., Piburn M., Falconer K., Turley J., Benford R., Bloom I. (2000). Reformed Teaching Observation Protocol (RTOP) (ACEPT Technical Report No. IN00-1). Tempe, AZ: Arizona Collaborative for Excellence in the Preparation of Teachers. Obtenido de la siguiente liga, consultado por última vez el 8 de Octubre de 2014. [https://mathed.asu.edu/instruments/rtop/RTOP\\_Reference\\_Manual.pdf](https://mathed.asu.edu/instruments/rtop/RTOP_Reference_Manual.pdf)
- Schwab, J. J. (1978). *Science, curriculum and liberal education*, Chicago, University of Chicago Press,
- Shulman, L. S. (1986). "Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching", *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Stake R. (1995). *The Art of Case Study Research*. Edit. Sage Publications. London New Delhi, 1-13, 91-105, 121-131.
- Van Driel, De Vos W., Verloop N. (1998). Relating students' reasoning to the history of science: The case of chemical equilibrium. *Research in Science Education* 28(2), 187-198.
- Van Driel, Gräber W. (2002). The teaching and learning of chemical equilibrium. *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 271–292.
- Van Driel, Verloop N., De Vos W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of research in science teaching*, 673–695, 1998.