Concepciones alternativas sobre equilibrio químico de estudiantes universitarios

University students' alternative conceptions about chemical equilibrium

Conceções alternativas sobre equilibrio quimico de estudantes universitarios

Catalina Betancourt D.

catalinabetanupel@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8211-4743

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela

Artículo recibido en diciembre de 2020, arbitrado en marzo de 2021 y aprobado en abril de 2021

RESUMEN

El presente estudio profundiza en la problemática de la enseñanza y el aprendizaje del equilibrio químico. Es así como, se propuso una investigación de tipo descriptiva como estrategia para el diagnóstico y análisis de las concepciones alternativas de estudiantes del curso de Química General del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Se aplicó un cuestionario que permitió relacionar las concepciones alternativas con los tres niveles de estudio de la Química, a un total de 15 estudiantes que se encontraban en los primeros semestres de la carrera de profesor en la especialidad de Química. Se encontraron 12 concepciones alternativas agrupadas en tres categorías: conceptualización del equilibrio químico, valor numérico de la constante de equilibrio y equilibrios heterogéneos. Se espera que el producto de esta investigación contribuya a mejorar el aprendizaje del equilibrio químico en los cursos introductorios de Química.

Palabras Clave: *Concepciones alternativas; Estudiantes universitarios; Aprendizaje del equilibrio químico*

ABSTRACT

This study explores the problem of teaching and learning chemical equilibrium. Thus, a research was proposed as a strategy for the diagnosis and analysis of alternative conceptions presented by students of General Chemistry course of the Pedagógico de Caracas of the Universidad Pedagógica Experimental Libertador. A questionnaire which allowed linking the alternative conceptions with the three levels of chemistry, was applied to a total of 15 students who were in the first semester of the teaching career in the specialty of Chemistry. It were found 12 alternative conceptions grouped into three categories: conceptualization of chemical equilibrium, numerical value of the equilibrium

constant and heterogeneous equilibrium. It is expected that the product of this research would help to improve the learning on chemical equilibrium in introductory Chemistry courses.

***Keywords**: Alternative Conceptions; University students; Learning on chemical equilibrium*

RESUMO

O presente estudo profundiza na problemática do ensinamento e a aprendizagem do equilibrio químico. É assím como se propôs uma investigação de tipo descretiva como estrategia para o diagnóstico e análise das conceções alternativas de estudantes do curso de Quimica Geral do Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) da Universidade Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Aplicou-se um questionário que permitiu relacionar as conceções alternativas com os três niveis de estudo da Química, a um total de15 estudantes que se encontravam nos primeiros semestres da carreira de professor na especialidade de Química. Encontraram-se 12 conceções alternativas agrupadas em três categorias: conceitualização do equilibrio químico, valor numérico da constante de equilibrio e equilibrios heterogêneos. Espera-se que o produto desta investigação contribua a melhorar a aprendizagem do equilibrio químico nos cursos introdutorios de Química.

***Palavras chaves:** Conceções alternativas; Estudantes Universitarios; Aprendizagem do equilibrio químico*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha podido observar que los problemas educativos en las ciencias naturales crecen cada día más. Es así como, la poca comprensión de los conceptos científicos, la no transferencia de lo aprendido a la vida diaria, la falta de motivación e interés hacia las carreras científicas, los bajos niveles del rendimiento estudiantil y la alta cantidad de estudiantes aplazados en los cursos del área de ciencias, son problemas comunes en los diferentes niveles del Sistema Educativo Venezolano.

Para todos los interesados en la enseñanza de las ciencias y, en especial, para los docentes de Química, es innegable que en el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta disciplina influyen de forma relevante muchos elementos relacionados con las dificultades que presentan los estudiantes para aprender: el enfoque, los modelos didácticos, las estrategias, los materiales didácticos, la complejidad de los conceptos, la

descontextualización de las ciencias, las concepciones alternativas, la apropiación de los conceptos y los niveles de estudio de la Química. El planteamiento anterior se apoya en las diferentes investigaciones que en la enseñanza de la Química existen (Carrascosa, 2014; Gómez, 2018; Chamizo y Pérez, 2017; Izquierdo, 2004; Pintó, Aliberas y Gómez, 1996).

Un análisis sencillo de la influencia de estos elementos mencionados anteriormente, llevaría a afirmar que, en cuanto al enfoque, modelo didáctico y estrategias utilizadas en la enseñanza de la Química, muchas veces, es situada en un contexto alejado de la realidad del estudiante, sin destacar sus implicaciones prácticas o aplicaciones tecnológicas y sociales, lo que conlleva a la concepción de una imagen distorsionada de la misma. Adicionalmente a esto, no se toman en cuenta las concepciones alternativas que los estudiantes tienen acerca de los diferentes conceptos de Química y, por tanto, la enseñanza de éstos no conduce a un cambio conceptual. Por último, se debe señalar la falta de diferenciación de los tres niveles de la Química: macroscópico, submicroscópico y representacional, lo cual es importante para lograr el cambio conceptual, ya que en diversas investigaciones ha sido señalada como la causa de algunas concepciones alternativas (Betancourt, Rodríguez y Pujol, 2008; López, 2017).

Entre los conceptos estructurantes de la Química, tenemos: reacciones químicas, equilibrio químico, estructura atómica, electroquímica, estequiometría, entre otros. Estos conceptos, uno de los que permite la comprensión de muchos fenómenos biofisicoquímicos es el equilibrio químico. El interés por la construcción de este concepto en los estudiantes obedece a su importancia como concepto estructural y central de la Química.

En este sentido, Carreño (2012), señala que se debe aclarar que la Didáctica de la Química juega un papel importante en ese proceso de construcción y acumulación de saberes, para que los docentes estén siempre conscientes de por qué y de cómo lo hacen, del proceso mismo por el que conocen e intentan descifrar la realidad. Y de cómo ocurre la transferencia de ese conocimiento.

Una de las universidades de gran relevancia es la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), y más específicamente el Instituto Pedagógico de Caracas (IPC), que forma los profesores de Química que enseñarán Química en el bachillerato principalmente.

La forma como se ha venido abordando la enseñanza de la Química en el IPC, hasta ahora no ha dado respuestas de manera efectiva a las necesidades y competencias que deben desarrollar los estudiantes para avanzar a cursos superiores, ya que los mismos no tienen la suficiente comprensión de los conceptos básicos y estructurantes de la disciplina.

Dentro de esta perspectiva, el propósito fundamental que orientó esta investigación apunta al diagnóstico de las concepciones alternativas de los estudiantes de la unidad curricular Química General de la UPEL - IPC, con relación al tema de equilibrio químico.

Las concepciones alternativas y su relación con el aprendizaje de la Química

Las investigaciones acerca de los errores conceptuales de los estudiantes llevaron a diferentes autores a comprobar la hipótesis de la existencia de ideas sobre temas científicos, previa a la enseñanza formal, que fueron denominadas como esquemas conceptuales alternativos). Las concepciones alternativas también son denominadas: ideas previas, estructuras conceptuales, error conceptual, ciencia de los alumnos, mini teorías. Existen muchas investigaciones que han propuestos catálogos de tales concepciones, así como, algunos de los modelos conceptuales que parecen utilizar los estudiantes (Carrascosa, 2014; Driver, Guesne, Tiberghien, 1989; Gil y Guzmán, 1993; Hierrezuelo, 2002; Telles, 2019).

Estas concepciones alternativas se caracterizan básicamente por los siguientes aspectos: parecen dotadas de cierta coherencia interna, son comunes en estudiantes de diferentes medios y edades, presentan semejanzas con otras concepciones vigentes a través de la historia del pensamiento, y son persistentes (Carrascosa, 2014; Gil y

Guzmán, 1993).

Un aspecto importante en el análisis de las concepciones alternativas es su aparente consistencia y coherencia. Diversos investigadores argumentan que esto se debe a que los estudiantes utilizan reglas superficiales en lugar de esquemas profundos, a la hora de enfrentarse a diferentes situaciones. Los estudiantes novatos rara vez llegan a evocar conceptos o teorías generales para explicar un fenómeno, tal y como lo hacen los expertos, sino más bien recurriendo a diversos elementos específicos, no esenciales, ni comunes entre los diferentes fenómenos, que llevan a fijar su atención en los rasgos superficiales de los hechos (Carrascosa, 2014).

Los estilos de enseñanza de la Ciencia, generalmente, son la fuente de la persistencia de las concepciones alternativas. Con frecuencia los docentes ignoran aquello que los alumnos ya conocen, y piensan que basta con transmitir los conocimientos de una forma clara y ordenada para garantizar que los alumnos comprendan. Esto fomenta una enseñanza que se limita a presentar los conocimientos ya elaborados, impidiendo que los alumnos puedan internalizar las nuevas ideas (Gil y Guzmán, 1993; Zabala, 2017).

Diferentes autores han intentado establecer, más que concepciones alternativas particulares, cuáles son las formas de razonamiento y los modelos mentales que los estudiantes usan. Esto permitiría dar algunas respuestas a la falta de coherencia de los modelos mentales de los alumnos sobre la persistencia de las concepciones alternativas, lo que propiciaría nuevos y más exitosos enfoques de enseñanza (Carrascosa, 2014; Pintó, Aliberas y Gómez, 1996).

Autores como Gómez (2018) y Hernández (2012), emplean la expresión “dificultad de aprendizaje” para describir una situación en la cual un estudiante no tiene éxito en el aprendizaje de un concepto o en la resolución de un problema, y señala como la posible causa de este fracaso a uno o más de los siguientes factores: la naturaleza de las concepciones alternativas o su poca adecuación para establecer con ellas conexiones

significativas con los conceptos que se quiere aprender; las relaciones entre la complejidad del concepto o de la tarea a aprender y la capacidad del estudiante para procesar información; la competencia lingüística y la poca coherencia entre el estilo de aprendizaje del estudiante y el estilo de enseñanza del docente.

El Equilibrio Químico: su complejidad

El equilibrio químico encierra una serie de conocimientos de gran aplicabilidad, no solo para la explicación del comportamiento de los sistemas químicos, sino también en la industria, en la preservación del ambiente y en los procesos biológicos.

Son pocas las reacciones químicas que solo se llevan a cabo en una dirección. La mayor parte son, al menos hasta cierto punto, *reversibles.* Al inicio de una reacción reversible, ésta se desplaza hacia la formación de productos; pero, tan pronto como se forman algunas moléculas de productos, comienza a efectuarse el proceso inverso. Cuando se iguala la rapidez de las reacciones directa e inversa, se establece un *estado de equilibrio químico* y ya no cambian las concentraciones de reactivos y productos con el paso del tiempo. Así, el estado de equilibrio se caracteriza por: ser dinámico, se da en sistemas cerrados, es reversible, lo alcanzan espontáneamente, involucra energía y su naturaleza es independiente de la dirección desde la cual es alcanzado (Betancourt, Castro, Contreras, Delgado, Murillo y Pujol, 2019; Petrucci, Hardwood y Herring, 2017).

Cuando las sustancias reaccionan, forman una mezcla de reactivos y productos en *equilibrio dinámico*. El equilibrio químico se puede caracterizar por la *constante de equilibrio,* k_c. En la expresión matemática de k_c, la concentración de los productos está en el numerador y la concentración de los reactivos está en el denominador, cada una elevada al coeficiente estequiométrico respectivo en la ecuación balanceada. Los líquidos y los sólidos puros se ignoran al escribir la expresión de la constante de equilibrio. Cuando k_c es muy grande, la mezcla en equilibrio es sobre todo de productos, y cuando k_c es muy pequeño, la mezcla en equilibrio es principalmente de reactivos. Si se sustituyen las concentraciones de las sustancias en la mezcla de reacción, se

obtiene el *cociente de reacción*, Q_c, que permite predecir la dirección de la reacción para que alcance el equilibrio (Brown, 2013; Chang, 2013).

La selección de las condiciones puede ser muy importante para el éxito de una reacción. Por ejemplo, la eliminación de un producto de la mezcla de reacción, modifica la composición en equilibrio; el cambio de la presión y de la temperatura también puede afectar el rendimiento. El *principio de Le Chatelier* es útil para predecir cualitativamente el efecto de tales cambios, pero solo bajo condiciones de temperatura y volumen constante. Se recomienda el análisis de las variables del estado de equilibrio, mediante una predicción cuantitativa con el uso de k_c (Christian, 2009; Gutierrez, 2018; Whitten, Davis y Peck, 2008).

Dada la importancia que el equilibrio químico tiene para el estudio del comportamiento ácido – base, las reacciones de óxido – reducción o las reacciones de precipitación, y la complejidad del tema por los conceptos que se relacionan para su comprensión y aplicación, se hace necesario el conocimiento de las concepciones alternativas relacionadas con el mismo, para así, poder abordarlas de manera explícita en el aula de clase y tener el fundamento teórico para comprender sus implicaciones con otros conceptos.

El gráfico 1 que se presenta a continuación, muestra en un esquema la complejidad del equilibrio químico, dado su nivel de abstracción y la cantidad de conceptos asociados.

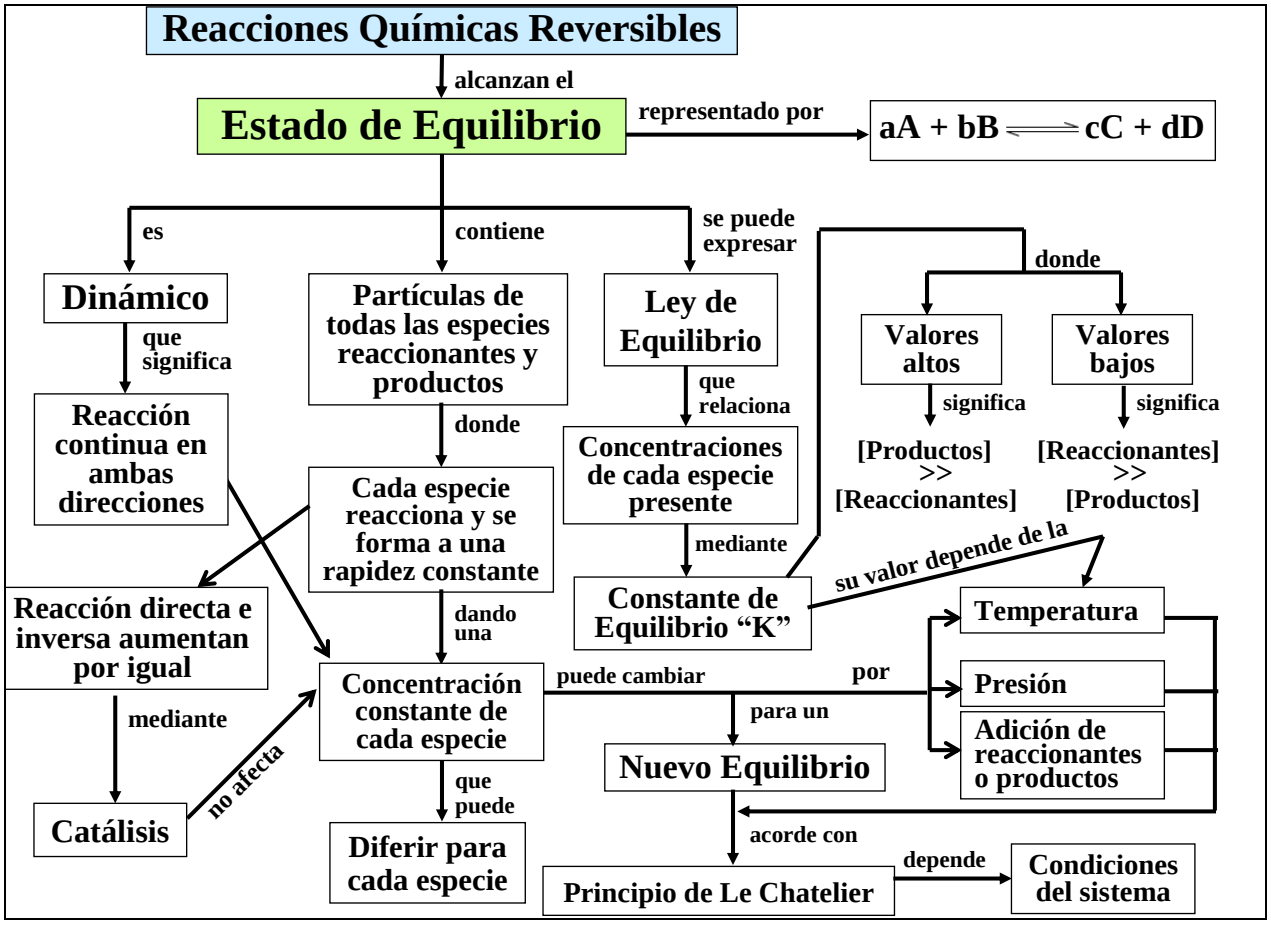


***Gráfico* 1. Esquema que muestra las relaciones entre los conceptos asociados al tema de equilibrio químico.**

MÉTODO

Este trabajo se corresponde, según Hernández, Fernández y Baptista (2006), con un estudio descriptivo, debido a que se describen los hechos tal y como son observados en la realidad, utilizándose una metodología cuantitativa, con instrumentos validados para recoger datos, los cuales incluyen un análisis de estadística descriptiva.

Técnica e Instrumento de Investigación

La encuesta es una técnica para obtener información usando procedimientos estandarizados de manera que a cada participante se le hagan las mismas preguntas, a fin de obtener un perfil compuesto de todos los participantes (Bautista, 2006).

Por su parte, el cuestionario es un instrumento utilizado para la recogida de información, diseñado para poder cuantificar y universalizar la información. Se componen de una serie de ítems. La definición de cada ítem ha de ser exhaustiva y mutuamente excluyente (Arribas, 2004). En este estudio se utilizó el cuestionario de preguntas cerradas o selección simple, como prueba de conocimiento.

Cuestionario para el Diagnóstico de las Concepciones Alternativas

Uno de los métodos para diagnosticar las concepciones alternativas es el desarrollo de respuestas de selección simple a preguntas basadas en el razonamiento de los estudiantes, incluyendo concepciones alternativas, que permiten a los investigadores determinar la razón detrás de la selección de los estudiantes y, son de fácil evaluación y análisis para los profesores (Özmen, 2008). Por consiguiente, la prueba desarrollada y utilizada en este estudio para determinar las concepciones alternativas de los estudiantes y las dificultades de aprendizaje en el tema de equilibrio químico fue de este tipo de preguntas.

La prueba incluye 15 preguntas de selección simple que abarcan los tres niveles de estudio de la Química: macroscópico, submicroscópico y representacional, como se muestra en el cuadro 1 de las especificaciones de los ítems.

En el desarrollo del proceso de elaboración de la prueba, algunas de las preguntas fueron tomadas de la literatura y usadas con revisiones menores: Bergquist y Heikkinen (1990), Garnett, Garnett y Hackling (1995); Özmen (2008), Quílez (2004), Quílez y San José (1995), Quílez, Solaz, Castelló y San José (1993) y Raviolo, Baumgartner, Lastres y Torres (2001). Mientras que algunas otras fueron rediseñadas de acuerdo al formato de elección simple y el resto de las preguntas fueron desarrolladas por la investigadora.

Cuadro 1. Especificaciones del instrumento por los niveles de estudio de la Química

Objetivo del instrumento	Constructo	Definición del Constructo		Dimensiones	Ítems
		Definición Nominal	Definición Real		
Determinar las concepciones alternativas que tienen los estudiantes de Química del Instituto Pedagógico de Caracas sobre el tema de equilibrio químico.	Concepciones alternativas (en tres niveles de la química y el tema de equilibrio químico).	Griffiths y Preston, 1992: "Cualquier idea conceptual cuyo significado se desvía de uno comúnmente aceptado por el consenso científico"	Aquellas concepciones que pueden diferir de las ideas enseñadas, que tienen influencia en el aprendizaje futuro y que pueden ser resistentes al cambio.	Nivel Macroscópico.	1, 2, 3, 9, 10, 13 y 14
				Nivel submicroscópico	4, 6, 11 y 15
				Nivel representacional	5, 7, 8 y 12

Confiabilidad del Instrumento

Posterior a su diseño, se aplicó la prueba a 15 estudiantes de la especialidad de Química, ubicados entre el 2do y 4to semestre de la carrera de profesor de Química y que habían tomado el curso de Química General. Las respuestas se tabularon y con estos valores se realizaron los cálculos de la confiabilidad del instrumento con el programa estadístico.

En el análisis de la prueba de conocimiento se obtuvo la confiabilidad por medio del coeficiente Alfa de Cronbach, que indica el grado de consistencia interna de la prueba, y a la vez resume la cantidad del posible error de la medición.

La determinación del coeficiente Alfa de Cronbach en este instrumento arrojó un rango de 0,7264, lo que se corresponde con una dimensión alta, que indica que existe una alta cohesión o consistencia entre los ítems de la prueba. Además, en la confiabilidad en este tipo de instrumentos: prueba de conocimiento, nunca se obtienen valores muy altos.

Escenario y Participantes

En la UPEL–IPC se dicta la carrera de profesor en Química, administrada por el Programa de Química, que a su vez está formado por cátedras por área de conocimientos. Es así como, en la Cátedra de Química General, se encuentra la unidad curricular obligatoria: Química General (UPEL, 2017). Siendo el segundo curso de la especialidad que toman los estudiantes.

Los contenidos de esta unidad curricular están distribuidos en cuatro principios claves para la comprensión de la Química, los cuales le dan su estructura. En este sentido, se presenta una visión aplicada del equilibrio químico, que se podría conectar con la estructura atómica y enlace químico, para finalizar en el estudio de la electroquímica. Esta secuencia al ser flexible puede ser modificada, dependiendo de la didáctica que se aplique.

En el diagnóstico de las concepciones alternativas sobre el tema de equilibrio químico, participaron un total de 15 estudiantes universitarios que tomaban la unidad curricular Química General, cursantes entre el segundo y cuarto semestre de la carrera, que pertenecen a los dos diseños curriculares que se encuentran vigentes en el IPC: 1996 y 2015. Se consideraron los 15 cuestionarios para hacer un análisis de frecuencia y porcentajes por cada concepción alternativa detectada, y poder compararla con las referencias.

La escogencia de estos participantes es intencional y se debe al hecho que la investigadora trabaja como docente activa en esta institución y forma parte de la Cátedra de Química General, donde se identificaron las necesidades y la problemática a estudiar.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados donde se analizan las concepciones

alternativas encontradas para este grupo de estudiantes, agrupadas en tres categorías y, unas recomendaciones para mejorar la enseñanza del equilibrio químico basadas, en los resultados y lo reportado por otros autores.

Diagnóstico de las Concepciones Alternativas

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se diseñó, validó y aplicó un instrumento para diagnosticar las concepciones alternativas sobre equilibrio químico de un grupo de 15 estudiantes universitarios que tomaban la unidad curricular Química General en la UPEL–IPC. El análisis se realizó de manera cuantitativa, con la finalidad de poder contrastar los resultados con los reportados por otros autores.

En los niveles de estudio de la Química

Johnstone (Betancourt, Delgado, Contreras, Pujol y Castro, 2013), propone para el aprendizaje de la Química, los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico de pensamiento. Este autor señala que, el nivel macroscópico corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa; el nivel submicroscópico, hace referencia a las representaciones abstractas, modelos que tiene en su mente un experto en Química asociados a esquemas de partículas; y el tercer nivel, el simbólico, involucraría formas de expresar los conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas y gráficos.

La raíz de este problema se encuentra en el hecho de que ni los profesores ni los libros de texto establecen la diferencia entre los mismos, pues al explicar el comportamiento de la materia, se mueven indistintamente de un nivel a otro, sin darle oportunidad al estudiante de distinguir entre lo que él puede ver y manipular (nivel macroscópico), lo que ocurre a nivel de átomos y moléculas (nivel submicroscópico) y la representación que se hace del fenómeno por medio de símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas (nivel representacional) (Betancourt, 2002; Talles 2019).

Es por todo esto que, en el instrumento elaborado para el diagnóstico de las concepciones alternativas, se incluyeron preguntas diferenciadas en los niveles de la Química, para así poder comparar el porcentaje de las respuestas correctas e incorrectas por el nivel predominante en el ítem, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentajes de las respuestas correctas e incorrectas por cada ítem de acuerdo a los niveles de estudio de la Química predominante.

Niveles de la Química	N° de la pregunta	Respuestas correctas (%)	Respuestas incorrectas (%)
Macroscópico	1	66,7	33,3
	2	60,0	40,0
	3	73,3	26,7
	9	53,3	46,7
	10	66,7	33,3
	13	53,3	46,7
	14	73,3	26,7
Submicroscópico	4	53,3	46,7
	6	46,7	53,3
	11	66,7	33,3
	15	60,0	40,0
Representacional	5	53,3	46,7
	7	73,3	26,7
	8	66,7	33,3
	12	66,7	33,3

Nota. N= 15 estudiantes.

El gráfico 2 permite apreciar con mayor detalle la diferencia entre los porcentajes de las respuestas incorrectas de los ítems agrupados por los tres niveles de la Química, que evidenciarían en cierta manera el grado de dificultad que tuvieron estos estudiantes con respecto a cada nivel.

Como se puede observar en el gráfico 2, para este grupo de estudiantes es mayor el porcentaje de respuestas incorrectas en el nivel submicroscópico, lo que indica que presentaron mayor dificultad en la resolución de este tipo de preguntas, lo cual tiene relación con la problemática reportada. Además, requieren de un mayor nivel de abstracción que debe poseer el estudiante para enfrentarse a estas situaciones, debido a que estos ítems planteaban la interpretación del equilibrio químico con una representación de las partículas mediante un modelo de esferas.

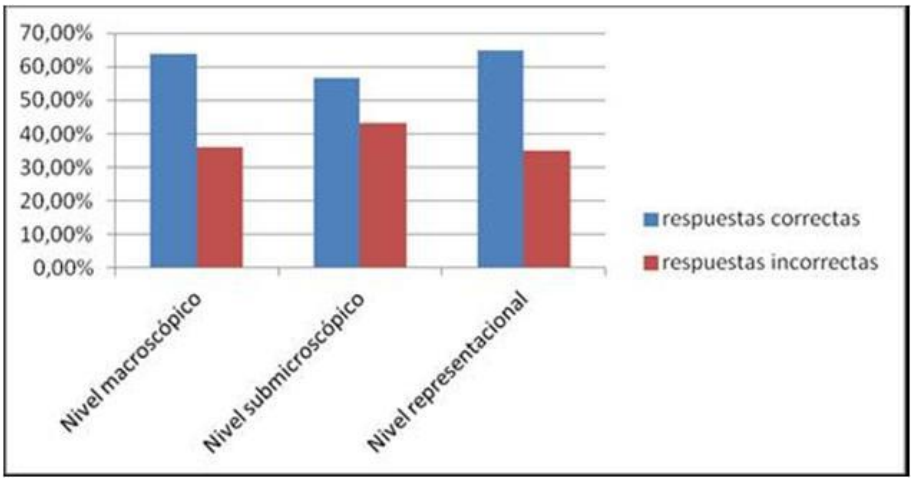


***Gráfico* 2. Representación de los porcentajes de las respuestas obtenidas agrupadas por los niveles de estudio de la Química.**

En cuanto al nivel macroscópico y representacional, en el cuadro 2 vemos, que el rango de respuestas correctas coincide para ambos niveles y se encuentra entre 53,3% y 73,3%; mientras que en el gráfico 2 se observa que no existe mucha diferencia entre los porcentajes totales de las respuestas incorrectas para estos niveles, aunque se debe resaltar que el mayor número de preguntas en el instrumento correspondían al nivel macroscópico.

En los ítems correspondientes al nivel submicroscópico, algunos le planteaban al estudiante un mayor grado de dificultad, al establecer la relación entre la representación submicroscópica de un equilibrio químico, usando un modelo de esferas y su representación simbólica, usando letras y números para representar estas esferas y proponer una ecuación química aceptable. El porcentaje de respuestas correctas para estos ítems fue menor al 50%.

Así, es probable que muchas de las concepciones alternativas que tienen los estudiantes se encuentren justificadas en la confusión conceptual al diferenciar los tres niveles de la química y, principalmente, el nivel submicroscópico para poder comprender lo observado.

Lo anterior complica aún más la situación, porque el docente debe facilitar en el aula el anclaje de los tres niveles en el pensamiento del estudiante, a través de las estrategias, recursos y medios didácticos que adopte, desarrolle y aplique en la clase, el anclaje de los tres niveles en el pensamiento del estudiante, para que este alumno pueda pasar de un nivel al otro y explicar lo que ocurre. Esto lleva a la afirmación de que estudiar Química implica un gran nivel de abstracción y, para comprender la estructura de la materia y sus cambios, el estudiante debe poder explicarla a nivel submicroscópico (Vetere, Cappannini y Espíndola, 2017).

Discusión del Análisis de las Concepciones Alternativas

El análisis en general de los porcentajes de las respuestas correctas nos permite afirmar que los estudiantes no obtuvieron calificaciones por encima del 75%, lo que nos lleva a concluir que todavía no han adquirido una comprensión satisfactoria del concepto de equilibrio químico, en concordancia con los parámetros que señala Özmen (2008).

En el siguiente cuadro se muestran las categorías evaluadas en la prueba, las concepciones alternativas encontradas en los estudiantes con sus porcentajes respectivos. Como se puede observar, se detectaron un total de 12 concepciones alternativas, mediante el análisis de los ítems del instrumento para este grupo de estudiantes, una vez recibidas las clases sobre el tema de equilibrio químico en el curso de Química General. Estas concepciones fueron agrupadas en tres categorías: (a) conceptualización del equilibrio químico, (b) el valor numérico de la constante de equilibrio y (c) equilibrio heterogéneo.

Cuadro 3. Porcentajes de las concepciones alternativas encontradas en los estudiantes agrupados por las categorías evaluadas.

Categorías Evaluadas/Concepciones Alternativas	Porcentaje de Estudiantes (%)
Conceptualización del Equilibrio Químico	
1. El equilibrio químico no es un proceso dinámico y, al alcanzarse, no continúan ocurriendo las reacciones químicas.	**33,3**
2. El equilibrio químico se alcanza cuando las concentraciones de los reaccionantes son iguales a las de los productos.	**20,0**
3. Las reacciones reversibles se dan hasta su total completación.	**13,4**
4. En el estado de equilibrio químico no se encuentran cantidades de todos los reaccionantes y productos.	**26,7**
5. La rapidez de la reacción directa es mayor que la rapidez de la reacción inversa.	**26,7**
El Valor Numérico de la Constante de Equilibrio	
1. El valor numérico de kc es independiente de la temperatura.	**13,4**
2. El valor numérico de kc depende de las concentraciones iniciales.	**20,0**
3. Hay una relación aritmética simple entre las concentraciones de los reaccionantes y los productos; es decir, los exponentes de las concentraciones son iguales a 1 en la expresión de k.	**26,7**
4. Se puede establecer la relación numérica entre kc y kp, sin considerar las fases de los reaccionantes y los productos.	**20,0**
5. Cuando se aumenta la temperatura en una reacción exotérmica, aumentará el valor de Kc.	**13,4**
Equilibrio Heterogéneo	
1. La concentración de una sustancia sólida en los equilibrios heterogéneos afecta el valor numérico de kc.	**33,3**
2. El Principio de Le Chatelier puede ser aplicado en equilibrios heterogéneos, sin considerar las fases de los reaccionantes y los productos.	**46,7**

El equilibrio químico es un concepto de alta complejidad y además para su comprensión debe relacionarse con muchos otros conceptos, incluyendo la conexión con los otros tipos de equilibrio, es por esto, que los estudiantes en todos los niveles académicos, según lo reportado por otros autores, poseen concepciones alternativas sobre este tema. En los resultados encontrados para esta investigación, las

concepciones alternativas de los estudiantes se agrupan en tres categorías y se discuten en detalle a continuación.

Conceptualización del equilibrio químico

En esta investigación, el 33,3% de los estudiantes piensa que el equilibrio químico no es un proceso dinámico y, al alcanzarse, no continúan ocurriendo las reacciones químicas; un 20% cree que el equilibrio químico se alcanza cuando las concentraciones de los reaccionantes son iguales a las de los productos; el 13,4% considera que las reacciones reversibles se dan hasta su total completación; un 26,7% piensa que en el estado de equilibrio químico no se encuentran cantidades de todos los reaccionantes y productos; y además que, la rapidez de la reacción directa es mayor que la rapidez de la reacción inversa. Cuando revisamos en las referencias encontramos, que concepciones alternativas similares han sido señaladas por Bergquist y Heikkinen (1999); Garnett, Garnett y Hackling (1995); Gómez (2018) y Vetere, Cappannini y Espíndola (2017).

Russo y Silver (Citado en Özmen, 2008) señalan que esta idea puede ser consecuencia de la explicación que se hace del estado de equilibrio, cuando decimos que la rapidez de las reacciones directa e inversas se igualan, se establece un equilibrio dinámico, y no hay más cambios en las concentraciones. Es probable que los estudiantes interpreten esta explicación como que la concentración de los reactivos y productos se igualan en el equilibrio. Como resultado, las concentraciones pueden variar en sí mismas, pero la relación entre las concentraciones en una situación dada no.

El valor numérico de la constante de equilibrio

En los hallazgos encontrados tenemos que, un 13,4% de los estudiantes piensa que el valor numérico de k_c es independiente de la temperatura; mientras que el 20% señala que el valor numérico de k_c depende de las concentraciones iniciales; un 26,7% cree

que hay una relación aritmética simple entre las concentraciones de los reaccionantes y los productos; el 20% de los estudiantes considera que se puede establecer la relación numérica entre k_c y k_p, sin considerar las fases de los reaccionantes y los productos; y un 13,4% piensa que cuando se aumenta la temperatura en una reacción exotérmica, aumentará el valor de k_c.

En total, se determinaron cinco concepciones alternativas relacionadas con el efecto del cambio de la temperatura en condiciones de estado de equilibrio y la constante de equilibrio químico, estos estudiantes ignoran que k_c solo se ve alterada con la temperatura y tienen problemas al definir la relación matemática que se debe establecer para la expresión de k_c, además, no toman en cuenta la manera cómo está representada la ecuación química y la información cualitativa y cuantitativa que nos proporciona, así también señalan, que no se puede establecer la relación entre k_c y k_p, si no se tienen las concentraciones o las presiones. Concepciones alternativas similares a éstas fueron reportadas por Garnett, Garnett y Hackling (1995) y Özmen (2008).

Equilibrio heterogéneo

En cuanto a los equilibrios heterogéneos, se encontraron dos concepciones alternativas. Así tenemos que, un 33,3% de los estudiantes piensa que la concentración de una sustancia sólida en los equilibrios heterogéneos afecta el valor numérico de k_c; mientras que, el 46,7% cree que el Principio de Le Chatelier puede ser aplicado en equilibrios heterogéneos, sin considerar las fases de los reaccionantes y los productos. Concepciones alternativas similares fueron reportadas por Quílez (2004); Quílez y Sanjosé (1995); Quílez, Solaz, Castelló y Sanjosé (1993).

¿Qué Podemos hacer para Mejorar la Enseñanza y Aprendizaje del Equilibrio Químico?

Para responder a esta interrogante debemos, reflexionar acerca de las causas del problema. En este sentido, algunas de las investigaciones han reportado como posible origen de estas concepciones alternativas: (a) dificultades de comprensión del lenguaje

utilizado; (b) la alta demanda conceptual de los términos asociados, (c) las analogías empleadas en su didáctica, (d) dificultades de tipo estequiométrico, (e) deficiente capacidad en la resolución de problemas, (f) planteamientos didácticos incorrectos, y (g) utilización de reglas de tipo memorístico (Bergquist y Heikkinen, 1990; Candela 2020; Carrascosa, 2014; Gómez, 2018).

Aunque no es fácil proponer medidas concretas que eviten todas estas dificultades, pueden adaptarse algunas recomendaciones para mejorar la enseñanza de este tema. En primer lugar, contrastar el significado cotidiano del término “equilibrio” y contrarrestar el peligro de la compartimentalización; es decir, la separación física de las sustancias que aparecen de uno y otro lado de la ecuación química, para lo cual es útil realizar experiencias con sistemas reaccionantes en equilibrio, que luego, al ser perturbados, se pueda observar cómo son afectadas las concentraciones de todas las especies que intervienen en la reacción. También se debe dejar explícito el significado de símbolos como el de las dos flechas que representan el equilibrio químico, distinguir entre concentraciones iniciales, proporción en la que reaccionan y la concentración en el equilibrio; integrar adecuadamente, los principios de estequiometría al estudio del equilibrio químico; mostrar al estudiante mediante simulaciones y medios computarizados una interpretación de lo que ocurre en el equilibrio químico a nivel molecular con modelos de esferas, que le permitan tener una visión en el mundo submicroscópico, y así explicar el carácter dinámico del equilibrio; hacer énfasis en los cálculos sobre equilibrio químico cómo la concentración en el equilibrio de las especies que reaccionan es igual a la diferencia entre la concentración inicial y la concentración que reaccionó.

Por último, considerar como estrategia didáctica, el análisis cuantitativo de los factores que influyen en el estado de equilibrio mediante el uso de la constante de equilibrio; y mostrar el Principio de Le Chatelier de forma cualitativa, explicando claramente sus restricciones con base en las condiciones del sistema químico estudiado, después de que el estudiante domine este análisis cuantitativo; o aplicarlo

solo en los cursos superiores de Química como un teorema derivado de los principios de la termodinámica.

En cuanto al enfoque y a las estrategias didácticas, se recomienda construir la conceptualización del equilibrio químico y la descripción de sus características a partir del enfoque histórico epistemológico y considerar la experimentación como parte de la metodología de enseñanza, sin diferenciarla de la teoría ni de la resolución de problemas que permite la consolidación de los conceptos estructurantes necesarios para la comprensión del equilibrio químico; en este caso, la metodología indagatoria nos permite la apropiación de estos conceptos a través del desarrollo de las competencias científicas.

CONCLUSIONES

Las diferencias en los puntajes de las pruebas de los alumnos se deben a diferencias reales en el desempeño y no a diferencias por azar. Esto es debido a que en las pruebas más largas, la probabilidad de error aleatorio disminuye porque existe un muestreo más amplio de los conocimientos a evaluar; tal afirmación es corroborada por Hernández, Fernández, y Baptista (2006) cuando afirman que a mayor número de ítems en un examen, mayor será la confiabilidad.

El diagnóstico de las concepciones alternativas como parte de la praxis docente permite tomar en cuenta lo que conocen los estudiantes al desarrollar las secuencias didáctica, y así incluir estrategias que promuevan el cambio conceptual, como las sugeridas en esta investigación.

REFERENCIAS

Arribas, M. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas Profesión, 5*(17), 23-29

Bautista, M. (2006). *Manual de metodología de investigación.* Caracas: TALITIP

Bergquist, W. y Heikkinen, H. (1990). Student ideas regarding Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education, 67*(12), 1000-1003

Betancourt, C. (2002). *Diseño y evaluación de un software educativo en reacciones químicas con el enfoque ciencia tecnología y sociedad*. Tesis de maestría no publicada, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas

Betancourt, C.; Castro, S.; Contreras, Y.; Delgado, M.; Murillo, L. y Pujol, R. (2019). *Química Básica I.* Caracas: FEDEUPEL

Betancourt, C., Delgado, M., Contreras, Y., Pujol, R., Castro, S. (2013). Uso de modelos moleculares tridimensionales para la enseñanza del nivel submicroscópico de la materia en el curso fundamentos de química. *Conhisremi, Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico,* 9(1), 73-90

Betancourt, C., Rodríguez, J. y Pujol, R. (2008). Diseño y evaluación de un software educativo para el aprendizaje de las reacciones químicas con el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad. *Revista de Investigación,* 64, 85-101.

Brown, M. (2013). *Química una Ciencia Central*. México: McGraw-Hill. Novena edición

Candela, B. (2020). Oralidad, lectura y escritura competencias mediadoras del aprendizaje del currículo de Química: el caso del equilibrio químico. *Revista Científica. 37*(1), *18 – 29*

Carrascosa, J. (2014). Ideas alternativas en conceptos científicos. *Revista Científica*, 18, 112-138

Carreño, A. (2012). Ser y hacer docente en Venezuela. [Documento en línea] Disponible en: http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/931 [Consultado en: 2019, 24 de noviembre]

Chamizo, J. y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação,* 74(1)

Chang, R. (2013). Química*.* Undécima edición. Bogotá: McGraw-Hill

Christian, G. (2009). Química Analítica. México: McGraw-Hill. Sexta edición

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas de la infancia y la adolescencia.* Madrid: MECMorata

Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos*. Educación Química*. 11(*3*), 300-308

Garnett, J., Garnett, J. y Hackling, M. (1995). Students` alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education, 25,* 69-95

Gil, D. y Guzmán, M. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática. Tendencias e innovaciones.* Madrid: Editorial Popular

Gómez, J. (2018). Una Unidad Didáctica acerca del Equilibrio Químico para promover la Argumentación y el uso de Representaciones en los Estudiantes de Grado Décimo de una Institución Educativa Oficial del Municipio de Dosquebradas – Risaralda. Trabajo Para Optar Al Título De Magister En Educación. Pereira, Colombia

[Documento en línea] Disponible en: https://core.ac.uk/download/pdf/169423215.pdf. [Consulta: 2021, abril 3]

Griffiths, A. y Preston, K. (1992). Grade – 12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching,* 29(6), 611 – 628

Gutiérrez, R. (2018). Equilibrio Químico: Concepciones Alternativas asociadas con el Principio de Le Chatelier en estudiantes de 3° Año de Educación Media. Open Conference Systems, INVEDUC 2019. [Documento en línea] Disponible en: https://ocs.ulagos.cl/index.php/inveduc/inveduc2019/paper/view/164. [Consulta: 2021, marzo 12]

Hernández, L. (2012). *Utilización de la indagación para la enseñanza de las ciencias en la E.S.O.* [Resumen en línea]. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Valladolid. Valladolid – España. Disponible: http://doc.uva.es/handle/10324/3470. [Consulta: 2018, mayo 14]

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación.* 4ºed. México: Mc Graw Hill

Hierrezuelo, J. (2002). *La ciencia de los alumnos*. México: Fontamara

Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: Contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentina Chemical Society, 92*(406), 115-136

López, W. (2017). El perfil conceptual del equilibrio químico de estudiantes universitarios de Educación. *Educere*, *21*(68), 113-126

Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: a review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice.* 9, 225-233

Petrucci, R; Harwood, W. y Herring, G. (2017). *Química General*. (10ma.ed.). Madrid: Prentice Hall

Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias, 14*(2), 221-232

Quílez, J. (2004). A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of he affinity concept: some educational suggestions. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(*1*), 69-87

Quílez, J. y Sanjosé, V. (1995). Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias, 13*(1), 71-79

Quílez, J., Solaz, J., Castelló, M. y Sanjosé, V. (1993). La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: Limitaciones del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias, 11*(3), 281-288

Ravíolo, A., Baumgartner, E., Lastres, L., y Torres, N. (2001). Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Investigación Educativa*, 18-26

Telles, Y. (2019). Unidad didáctica para el aprendizaje del lenguaje de la química, dirigido a estudiantes de 4to año de Educación Media. Trabajo de Grado no publicado. Maestría en Educación Mención Enseñanza de la Biología. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas-Venezuela

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2017). *Nuevo Diseño Curricular.Diseño Especialidad: Química*. Caracas: UPEL

Vetere, V., Cappannini, O. y Espíndola, C. (2017). Dificultades en la comprensión de equilibrio químico en estudiantes de primer año universitario. Evento: I Jornadas sobre Enseñanza y Aprendizaje en el Nivel Superior en Ciencias Exactas y Naturales. [Documento en línea] Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/ 10915/76079. [Consulta: 2021, abril 1]

Witten, K., Davis, R y Peck, M. (2008). *Química General.* Octava edición. México: McGraw-Hill

Zabala, C. (2017). *Estrategia de enseñanza-aprendizaje sobre equilibrio químico con base en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia.* Trabajo de grado no publicado, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá