

I/856

**EL PRINCIPIO DE LE CHATELIER:
EVOLUCIÓN HISTÓRICA, ANÁLISIS TERMODINÁMICO,
DIFICULTADES DE APRENDIZAJE E IMPLICACIONES
DIDÁCTICAS PARA UN CURRÍCULUM DE QUÍMICA BÁSICA.**

Según Resolución de 29 de julio de 1994, de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se convocan los Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativas 1994

MODALIDAD: Investigación Educativa

Juan Quílez Pardo

C/ Gorgos, 12-9ª

46021 VALENCIA

Tel. (96) 3621118



R. 104.976

JUSTIFICACIÓN

Una de las líneas más fructíferas en investigación educativa corresponde a la que gira en torno a los errores conceptuales en las ciencias. Dentro de éstas, la Física, y más concretamente la Mecánica, ha generado una abundante bibliografía en este campo de investigación. En el caso de la Química, la bibliografía que existe se encuentra de una forma más dispersa y, en general, menos desarrollada. Sin embargo, algunas áreas han tenido en este terreno una evolución espectacular en los últimos años. Podemos citar como ejemplos los estudios realizados sobre la reacción química, el concepto de mol o el equilibrio químico. Dentro de este último aspecto, el principio de Le Chatelier ha sido, sin duda, el apartado que más interés ha generado en las investigaciones llevadas a cabo. La mayor parte de estos estudios se han centrado en catalogar las dificultades de comprensión o de aplicación del citado principio y en intentar ofrecer una explicación satisfactoria acerca del origen de las mismas. El principio de Le Chatelier forma parte obligatoria del currículum de Química, tanto en los cursos preuniversitarios, como en el primer año de Universidad de esta asignatura. Parece por tanto evidente que los profesores de Química debemos conocer los estudios realizados a este respecto para intentar superar las deficiencias que suelen acompañar a ciertos métodos y formas de enseñanza.

Con el intento de mejorar la didáctica del principio de Le Chatelier, el profesor autor de este trabajo ha estado dedicado a la tarea de estudiar las dificultades que comporta el principio de Le Chatelier para lo cual no sólo ha intentado recopilar la información aparecida en las revistas de investigación educativa sino que además ha procurado estudiar los diferentes tratamientos que del citado principio realizan los libros de Química. Una de estas lecturas, sugerida por un colega interesado por los mismos problemas, fue la responsable del inicio de este trabajo. En un prestigioso libro de Química-Física se afirma que el principio de Le Chatelier es *¡falso!* (Levine, 1991). Nunca antes había oído o leído tal afirmación, lo cual provocó en mí una gran conmoción. Si tal afirmación era cierta, ¿por qué los libros en los que se abordaba el estudio del mismo no advertían al profesor o estudiante de tal circunstancia?, y más importante si cabe, ¿por qué dedicar tanto esfuerzo al estudio de un "principio" que resultaba ser falso?. En la citado manual se hace referencia a dos artículos.

Cronológicamente, el primero de ellos (de Heer, 1957) es un estudio demoledor del principio de Le Chatelier. En el segundo, Katz (1961), de una forma sencilla y elegante, evita el principio de Le Chatelier para predecir la evolución de sistemas en equilibrio que han sido perturbados.

El primer paso para iniciar este trabajo ya se había dado. Ahora quedaba la tarea de analizar, desde sus orígenes, el principio de Le Chatelier, de intentar profundizar en las limitaciones del mismo y de estudiar de una forma sistemática si los autores de libros de texto y los profesores habían hecho caso omiso a las mismas. Por otro lado, todo ello abría un nuevo campo de investigación, no abordado hasta la fecha, de nuevos errores conceptuales. Una vez conocidos éstos y establecido su posible origen, el reto que se planteaba era el de diseñar una metodología alternativa al principio de Le Chatelier que no sólo fuese de mayor rigor conceptual sino que además superase las deficiencias encontradas. A partir de estas consideraciones previas, el estudio llevado a cabo en este trabajo se estructura en el siguiente índice:

ÍNDICE	página
Capítulo 1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PRINCIPIO DE LE CHATELIER.	6
1. PRIMERAS FORMULACIONES.	6
2. ACEPTACIÓN Y DIFUSIÓN DEL PRINCIPIO.	11
3. CONSOLIDACIÓN.	12
4. EL PRINCIPIO CUESTIONADO.	14
5. EL PRINCIPIO DE LE CHATELIER COMO INSTRUMENTO DIDÁCTICO.	18
6. FORMULACIÓN MATEMÁTICA DEL PRINCIPIO DE LE CHATELIER.	22
7. CONCLUSIONES	24
Capítulo 2. ANÁLISIS TERMODINÁMICO DEL PRINCIPIO DE LE CHATELIER.	26
1. INTRODUCCIÓN.	26
2. LA TERMODINÁMICA Y EL PRINCIPIO DE LE CHATELIER.	27
2.1. Adición (o eliminación) de una de las sustancias que participan en un equilibrio químico, manteniendo la presión y la temperatura constantes.	27
2.2. Adición de un gas inerte a una mezcla de reacción en equilibrio químico, manteniendo constantes el volumen y la temperatura.	30
2.3. Adición de un gas inerte a una mezcla gaseosa en equilibrio químico, manteniendo constantes la presión y la temperatura.	31
3. CONSECUENCIAS.	32

Capítulo 3. ERRORES CONCEPTUALES Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE.

IMPLICACIONES CURRICULARES.	33
1. INTRODUCCIÓN	33
2. OBJETIVOS	35
3. ERRORES CONCEPTUALES Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE RELACIONADOS CON EL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO.	36
3.1. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico.	36
3.2. Resolución de problemas.	38
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	39
5. HIPÓTESIS DE TRABAJO.	40
6. METODOLOGÍA.	41
6.1. Fases	41
6.1.1. Fase inicial	41
6.1.2 Fase final	41
6.2. Materiales correspondientes a la etapa inicial.	43
6.2.1. Muestra de libros de texto y cuestionario para su análisis.	43
6.2.2. Muestra de profesores y problema para su resolución. Cuestionario para su análisis.	44
6.2.3. Problemas y ejercicios de evaluación y en libros de texto y de problemas.	47
6.2.4. Muestra de alumnos y cuestionario.	47
6.3. Materiales correspondientes a la etapa final.	53
6.3.1. Alumnos de COU y cuestionario.	53
6.3.2. Profesores de Enseñanza Secundaria y cuestionario.	57

7. RESULTADOS DE LA ETAPA INICIAL.	61
7.1. Resultados correspondientes al análisis de textos de Química de COU y primer curso de Universidad.	61
7.2. Resultados correspondientes al problema de los profesores.	65
7.3. Ejercicios de evaluación y en libros de texto y de problemas.	69
7.4. Resultados correspondientes al cuestionario de alumnos de primer curso universitario de Química.	73
8. CONCLUSIONES DE LA ETAPA INICIAL.	80
8.1. Libros de texto y principio de le Chatelier.	80
8.2. Metodología de los profesores en la resolución de problemas.	80
8.3. Ejercicios de evaluación y en libros de texto y de problemas.	81
8.4. Errores conceptuales y dificultades de aprendizaje.	81
9. RESULTADOS CORRESPONDIENTES A LA ETAPA FINAL.	84
9.1. Resultados correspondientes al cuestionario de los profesores.	84
9.2. Resultados correspondientes al cuestionario de alumnos de COU.	96
10. COMENTARIOS FINALES.	109
11. CONCLUSIONES FINALES	111
BIBLIOGRAFÍA	113