
UN ACERCAMIENTO AL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DE ACIDEZ Y BASICIDAD, DE PROFESORES MEXICANOS DE BACHILLERATO Y LICENCIATURA

CLARA ALVARADO ZAMORANO / ANDONI GARRITZ-RUIZ

RESUMEN:

Los fenómenos y procesos que involucran a las sustancias, ofrecen una excelente oportunidad para que el docente contribuya a que el estudiante desarrolle contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, requeridos para la adecuada comprensión del tema de acidez y basicidad. Éstos son fenómenos importantes en numerosos y diversos procesos químicos que ocurren a nuestro alrededor, desde procesos biológicos hasta industriales, desde reacciones en el laboratorio a otras en nuestro ambiente, incluso algunos que se llevan a cabo en nuestro organismo. Se presentan algunos de los resultados más destacados obtenidos al aplicar durante el primer semestre del 2008, un cuestionario escrito para documentar la Representación del Contenido de profesores mexicanos de bachillerato y de licenciatura, con experiencia en la impartición del tema. Es importante mencionar que el análisis de los resultados se orientó hacia los contenidos mencionados y que en este trabajo como ejemplo se presenta el análisis del pH/Fuerza relativa de ácidos y bases, como concepto central.

PALABRAS CLAVE: conocimiento didáctico, representación del contenido, acidez y basicidad, bachillerato y licenciatura, pH.

INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la investigación en la enseñanza de las ciencias, sobre todo en México, escasean estudios orientados a capturar las opiniones acerca de los conocimientos, habilidades y destrezas, así como actitudes, que profesores con experiencia en un determinado tema consideran necesarios para la adecuada comprensión y aplicación del tema por parte de los alumnos. Por lo anterior,

durante 2008 se elaboró un cuestionario para documentar la Representación del Contenido (ReCo) de diez profesores con experiencia en la impartición del tema de Acidez y Basicidad en el nivel de bachillerato y licenciatura en México. La información que nos proporcionaron los profesores contribuirá, junto con entrevistas y observación en el aula del quehacer de algunos de esos docentes, a documentar su Conocimiento Didáctico y apoyará la implementación de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje, que contribuyan a la formación y actualización del profesorado de bachillerato en el tema de Acidez y Basicidad, enriqueciendo la impartición de contenidos en el aula y evitando, en muchos casos, la monotonía de las clases expositivas, permitiendo guiar a los estudiantes para que comprendan el tema en una forma que les sea personalmente significativa.

MARCO TEÓRICO

El papel que desempeñan ácidos y bases es fundamental para entender numerosos y diversos fenómenos y procesos que se presentan en los seres vivos y en el resto de la naturaleza, así como en laboratorios escolares, de investigación e industriales.

Aunque el tema de ácidos y bases se introduce en el sistema escolarizado de México, durante el tercer grado del nivel secundaria, los estudiantes previamente han adquirido variadas experiencias en su vida cotidiana, que los motiva a considerar, por ejemplo, que los ácidos son peligrosos. Incluso en los libros de texto de secundaria se han detectado problemas conceptuales con respecto al tema (Alvarado, 2007).

El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) describe el conocimiento que poseen los profesores y puede considerarse como puente entre aspectos pedagógicos y de contenidos útiles para la preparación de los profesores de ciencias, históricamente enfocada sobre su conocimiento de contenidos. Shulman (1986, 1987) quien lo desarrolló con unos colegas, expresa que incluye las “más útiles formas de representación de estas ideas, las más poderosas

analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones, en una palabra, las formas de representar y formular el tema para hacerlo comprensible para otros” (Shulman, 1987). Asimismo contempla atributos especiales que un profesor posee y que lo ayudan a guiar a un estudiante para que comprenda un tema en una forma que le sea personalmente significativa, mediante la comprensión de cómo se organizan, presentan y adaptan temas o problemas para los diversos intereses y habilidades de los aprendices (Geddis, 1993). Considera la habilidad de traducir los contenidos para un grupo diverso de estudiantes, utilizando múltiples estrategias, métodos de instrucción y representación, considerando las limitaciones contextuales, culturales y sociales dentro del ambiente de aprendizaje.

Loughran, Mulhall y Berry (2004) presentan dos herramientas para capturar el CDC de los profesores: Representación del Contenido (CoRe por el acrónimo en inglés de “Content Representation”) y Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica (Pap-eRs por el acrónimo de “Pedagogical and Professional Experience Repertoires”).

1) El CoRe es útil para extraer de cada profesor, mediante cuestionarios escritos y entrevistas, las ideas centrales para impartir el tema; los objetivos de cada una; las dificultades en el aprendizaje y las ideas previas estudiantiles; las estrategias didácticas y de evaluación empleadas para cada idea central. Toma un buen tiempo a los profesores entrevistados contestar el CoRe, y si existe la confianza para responder, se logran documentar dichas ideas centrales; los objetivos de la enseñanza declarados; las dificultades de aprendizaje de los alumnos y sus concepciones alternativas; la secuenciación apropiada de los tópicos, el empleo correcto de metáforas, analogías, símiles y ejemplos; formas de abordar el entramado de ideas centrales; los experimentos, problemas y proyectos que el profesor emplea durante su clase; formas ingeniosas de evaluar el entendimiento; entre otras cuestiones.

METODOLOGÍA

En 2008 se elaboró un cuestionario escrito para documentar el Repertorio de Contenidos (CoRe), basado en la propuesta de Loughran y otros (2004), modificando algunas preguntas.

La mayoría de la edad de los profesores de Química (siete mujeres y tres hombres) variaba entre 34 y 47 años. Tres con grado académico de licenciatura (una pasante de Maestría), tres de Maestría y cuatro de Doctorado. Su experiencia docente en el tema de acidez y basicidad fluctuaba entre 5 y 39 años. Todos vinculados con la UNAM, ya sea como ex-alumnos o como docentes en activo.

Con cada profesor se platicó individualmente sobre el objetivo del proyecto en desarrollo y se solicitó su colaboración completando el formato de captura de información elaborado para documentar las ideas, conceptos o subtemas que considerara fundamentales para la exposición del tema. Para ello era necesario que reflexionara sobre sus creencias, conocimientos, actividades, ejemplos, demostraciones, dificultades, etc., que según su experiencia le habían sido provechosas al impartir el tema.

Con el propósito de que los profesores reflexionaran sobre sus respuestas, además de solicitarles información general sobre ellos y de preguntarles acerca de ¿qué relevancia tiene el tema de Acidez y Basicidad en un curso de bachillerato? Y ¿qué contenidos y habilidades antecedentes deben tener los alumnos que ingresan al bachillerato para comprender adecuadamente el tema?, se les envió por correo electrónico el siguiente cuestionario (el que hemos venido denominando como CoRe) y se les pidió que lo reenviaran en un plazo de tres a cuatro semanas:

Indique el nombre de tres a cinco conceptos centrales relacionados con el tema de "Acidez y Basicidad". Nosotros entendemos por conceptos centrales los que están en el corazón del entendimiento y la enseñanza del tema; son los conceptos más importantes que forman parte del conocimiento disciplinario en los que Usted divide o dividiría la enseñanza del tema, incluyendo quizás algunos de sus precedentes.

Por favor, conteste lo más extensamente posible, para cada uno de los conceptos centrales, las siguientes preguntas:

- 1) ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender este concepto central y qué intenta que aprendan sobre el mismo?
- 2) ¿Qué contenidos y habilidades antecedentes deben tener los alumnos que ingresan al bachillerato para comprender adecuadamente el concepto?
- 3) ¿Qué conocimientos sobre la historia, la epistemología y la filosofía de este concepto conoce? y ¿Qué aspectos históricos son importantes en la enseñanza de este concepto?
- 4) En particular, ¿Qué aspectos del entorno cotidiano son importantes en la enseñanza de este concepto?
- 5) ¿Cuáles son las dificultades conectadas a la enseñanza y al aprendizaje de este concepto.
- 6) ¿Qué conocimientos acerca de los problemas conceptuales, procedimentales y actitudinales de los alumnos, influyen en la enseñanza de este concepto?
- 7) ¿Qué procedimientos y recursos (analogías, metáforas, ejemplos, videos, demostraciones, simulaciones, actividades prácticas, etc.) emplea para que los alumnos se motiven y comprometan con el concepto?
- 8) ¿Qué formas específicas utiliza para evaluar la comprensión o confusión de los alumnos sobre el concepto?

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El tema de Acidez y Basicidad fue considerado muy importante por ocho de los docentes, seis de ellos destacaron su vinculación con la vida cotidiana. Así lo expresaron algunos de ellos (se coloca como superíndice un número progresivo del [1] al [10] para identificar al profesor):

...Es relevante porque estos términos se usan de forma cotidiana. Es decir, todos los estudiantes tiene algún conocimiento, correcto o equivocado, sobre el tema^[2].

Es importante que los alumnos sepan que los ácidos y bases se encuentran entre las sustancias más comunes en la naturaleza y reconozcan la relevancia del pH en las reacciones químicas, entre ellas las que se efectúan en los seres vivos^[5].

Es importante pues no sólo permite establecer vínculos con las experiencias de los alumnos y su entorno inmediato, también es importante por el impacto de estos materiales en la sociedad actual, por ejemplo, en los limpiadores domésticos, para quitar el “sarro” de los muebles de baño, etcétera^[7].

Con respecto a qué contenidos y habilidades debían tener los alumnos que ingresan al bachillerato para comprender adecuadamente el tema, las respuestas de los profesores presentan una notoria dispersión, enfocándose principalmente a contenidos disciplinarios, escaseando con respecto a habilidades requeridas:

Se mencionaron Reacciones Químicas^[1, 6, 8, 9] y Concentración ^[2, 3, 6,10], en cuatro ocasiones. Acerca de reacciones químicas se comentó: “Que posean el conocimiento de las sustancias químicas, ácidos, bases, sales y compuestos orgánicos comunes, de sus propiedades y su forma de reaccionar...” y “...el alumno debe sentirse motivado por conocer porqué ocurren las reacciones químicas”^[6]. Con respecto a concentración se expresó: “Concepto de concentración y su aplicación a la preparación de disoluciones, incluyendo cuando se realizan diluciones”^[8],. En tres ocasiones citaron: Enlace ^[1, 3, 6], Estequiometría ^[3, 6, 10], Logaritmos ^[2, 6, 7], Estructura y propiedades de la materia^[1, 4, 8] y Nomenclatura Química^[1, 3, 6].

Entre las habilidades requeridas citadas, destacan:

Habilidades de pensamiento para el manejo de las matemáticas y desarrollo del pensamiento formal^[1].

...“El alumno debe haber adquirido las habilidades de comprensión de lectura y de aptitud para expresarse verbalmente y por escrito, con claridad, precisión y concisión. Además, el alumno debe sentirse motivado por conocer el por qué ocurren las reacciones químicas y haber desarrollado capacidad de observación en el laboratorio^[6].

Los conceptos centrales relacionados con el tema de Acidez y Basicidad, mencionados por lo menos por dos profesores, se presentan en la tabla 1

Tabla 1. Conceptos Centrales mencionados por los diez profesores.

Cantidad profesores	Concepto	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
8	pH / Fuerza relativa de ácidos y bases	X	X	X		X	X	X		X	X
5	Concepto de ácidos y bases/Propiedades distintivas de sustancias / Sustancia / Reactividad		X		X				X	X	X
4	Neutralización / Reacción de neutralización / Factibilidad de titulación					X	X		X	X	
4	Concentración	X	X	X					X		
3	Definición de ácidos y bases según modelo de Bronsted-Lowry / La reacción ácido-base en disociación acuosa como intercambio de la partícula H ⁺	X					X	X			
2	Ácidos y bases en términos de Arrhenius		X					X			
2	Autodisociación del agua (pH) / Autoionización del agua			X						X	
2*	Equilibrio ácido-base/Constante de acidez										XX

Al analizar las respuestas se clasificaron los comentarios (transcritos prácticamente en forma literal) de los diez profesores con respecto a los conceptos centrales de la tabla, aunque ellos no los hayan citado como tales, bajo el siguiente esquema:

CONCEPTO CENTRAL:

- A. Importancia de su aprendizaje.
- B. Conocimientos antecedentes.
- C. Aspectos históricos, epistemológicos y filosóficos.
- D. Su relación con el entorno cotidiano.
- E. Dificultades en su proceso de enseñanza-aprendizaje.
- F. Procedimientos y recursos para interesar al alumno.
- G. Su evaluación.

CONCLUSIONES DE LOS CONTENIDOS CONCEPTUALES, PROCEDIMENTALES Y ACTITUDINALES.

1. Contenidos conceptuales.
2. Contenidos procedimentales.
3. Contenidos actitudinales.
 - Con respecto al profesor.
 - Con respecto a sus alumnos.

Para tener una idea con respecto al interés de los docentes encuestados sobre los aspectos conceptuales, procedimentales y afectivos del proceso de enseñanza-aprendizaje del tema, se determinó el número de palabras que emplearon para cada uno de ellos y se determinó que de las alrededor de 17 000 palabras que en total emplearon, el 66.0% correspondió al aspecto conceptual, el 24.6% al procedimental y el 9.3% al afectivo (tanto reflexiones de los profesores sobre su propia labor docente como con respecto a sus alumnos).

El análisis de los resultados se orientó hacia los contenidos mencionados. En este trabajo se presentan algunos ejemplos del análisis del pH/Fuerza relativa de ácidos y bases, como concepto central.

1. Con respecto a Contenidos Conceptuales se menciona que:

Su aprendizaje es importante porque:

- El concepto de fuerza permite entender la razón por la que dos sustancias ácidas o básicas que se encuentran a la misma concentración, tienen diferente grado de acidez^[1].
- Es uno de los términos más famosos de la química entre los estudiantes^[2].
- La acidez/basicidad de un medio se mide determinando la concentración de iones hidronio/hidroxilo en disolución, es decir, el pH^[8].

Como conocimientos antecedentes se cita:

-
- Es importante que los conceptos de cantidad de sustancia y de concentración estén claros antes de definir el concepto de pH que los incluye^[2].
 - La autodisociación del agua la ubico como un concepto central que ayuda a entender el concepto de pH^[3].

Como referencias históricas se expresa que:

- El concepto de pH fue introducido por Sorensen como una nueva forma de medir la acidez de las sustancias e implementó el uso de una escala de pH, lo que facilitó considerablemente el manejo de los valores de concentración de iones hidronio e hidroxilo^[1].
- Los antecedentes del concepto de fuerza se sitúan en los trabajos de investigación iniciados por Arrhenius sobre la conductividad de las disoluciones de ácidos y bases^[6].

Con relación al entorno cotidiano se expresó:

- En el entorno cotidiano, la fuerza la podemos relacionar con el cuidado que debe tenerse al manipular ácidos o bases fuertes para evitar accidentes que pueden ser fatales^[6].
- Es importante que los estudiantes reconozcan que existen diferentes tipos de ácidos y bases. Que unos son más fuertes que otros, y que su efecto depende tanto de su fuerza como de su concentración en disolución. Deben comprender que no es lo mismo, por ejemplo, ingerir ácido sulfúrico que ácido ascórbico^[8].

Como dificultades en su proceso de enseñanza-aprendizaje se citó:

- Existen dificultades asociadas al manejo matemático de las relaciones para calcular el pH, y para comprender la naturaleza logarítmica de la relación entre pH y concentración de iones H_3O^+ ^[8].
- Los estudiantes tienen dificultad para identificar las diferentes variables que hay que tomar en cuenta para predecir los efectos de un cierto ácido/base. Normalmente hacen sus predicciones con base en una sola variable y desprecian el efecto de otras (sólo concentración y no fuerza, o viceversa)^[8].

Como ejemplos de procedimientos y recursos para interesar al alumno, se presentan:

- Depende del tiempo de qué disponga, pero los modelos, películas y algunas demostraciones y experimentos son los que más uso. A veces algunas simulaciones por computadora^[3].
- Disoluciones de ácidos a diferentes concentraciones estableciendo cuál puede ser la cantidad de H^+ presente, buscando establecer que el concepto de pH permite tener una herramienta para indicar cuánto ácido hay disuelto^[7].

Para su evaluación se indica:

- El desarrollo de las actividades experimentales se ha planteado como actividades de tipo investigación en las que los alumnos se involucren en el proceso con una participación menos pasiva. Uso de actividades lúdicas para complementar el proceso de evaluación^[1].
- En ocasiones se pide un trabajo breve de investigación en el que busquen algunas aplicaciones o fenómenos en los que el pH sea relevante (mantenimiento de procesos corporales, industriales, etc.) y lo colocan como póster en el salón para que todo mundo lo vea. También les hago una evaluación escrita de forma individual en la que les pido que hagan ejercicios para relacionar la concentración de iones y el pH. Se evalúa también el trabajo cotidiano en clase^[9].

2. Con relación a Contenidos Procedimentales, se expresa:

- Serias dificultades en el manejo de funciones logarítmicas como la expresión del pH de una disolución. Los cálculos no representan gran dificultad, sino las interpretaciones cualitativas del significado del valor numérico y sus implicaciones^[1].
- Para predecir el sentido de las reacciones ácido-base, el alumno debe saber ordenar ácidos y bases por orden de fuerza cuando se le proporciona el valor de pK_a ^[6].

3. En Contenidos Actitudinales, se indica:

Con respecto al profesor

- No se promueve el razonamiento ni el análisis, sino que se privilegia la repetición o sustitución de valores en las fórmulas^[1].
- Es importante mencionar que cada vez más he optado por dar tiempo suficiente a mis estudiantes para la comprensión de los conceptos más básicos, incluso a costa de dejar sin tratar otros más complejos. Considero que es una pérdida de tiempo tener a un grupo de alumnos haciendo cálculos de pH, mientras que la mayoría aún no tienen claro que hablamos de átomos y moléculas para explicar las propiedades de las sustancias^[2].

Con respecto a sus alumnos

- Escaso interés por el estudio de la química^[1].
- Aprenden de memoria la escala de pH, sin interesarse en profundizar en la expresión matemática del pH y su interpretación cualitativa^[10].

CONCLUSIONES

Se presenta el resultado de capturar y analizar la Representación del Contenido (CoRe) de Loughran *et al.* Modificada ligeramente por los autores, de diez profesores de bachillerato y licenciatura relacionados con la Facultad de Química de la UNAM.

Concluimos que hemos obtenido un conjunto de ocho ideas centrales mencionadas por lo menos por dos profesores como fundamentales para impartir el tema de acidez y basicidad. Entre ellas, las más referidas han sido:

- 1) pH/Fuerza relativa de ácidos y bases;
- 2) Concepto de ácidos y bases/Propiedades distintivas de las sustancias;
- 3) Reacción de neutralización/Factibilidad de titulación;
- 4) Concentración.

Con relación a la primera idea central se presentan algunas de las respuestas más representativas a las ocho preguntas que constituyen el CoRe y se separan en los aspectos de contenidos, de procedimientos y de actitudes.

Se avanza de esta manera hacia la construcción de una secuencia de enseñanza-aprendizaje de este tema para el nivel de bachillerato. Hemos empezado con esta captura del CoRe de profesores con experiencia, vamos a continuar con el análisis de varios libros de texto, con la evaluación de variadas técnicas multimedia, para concluir con la construcción de la secuencia.

REFERENCIAS

- Alvarado, C. (2007). *Los libros de texto de química de secundaria ¿Mediadores para el aprendizaje del tema de acidez y basicidad?* tesis de maestría, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Geddis, A. (1993). "Transforming subject matter knowledge: the role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching", *International Journal of Science Education*, 15(6),673-683.
- Loughran, J.; Mulhall, P. y Berry, A. (2004). "In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice", *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391
- Shulman, L. (1986). "Those who understand: Knowledge growth in teaching", *Educational Researcher*. 15(2), 4-14
- Shulman, L. (1987). "Knowledge and teaching: Foundations of the new reform", *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.