

## Propuesta para la enseñanza de reacciones de neutralización enfocada en el aprendizaje basado en problemas

Proposal for teaching neutralization reactions focused on problem-based learning

<sup>1</sup>. Anthony J. Camero P., <sup>2</sup>. Eduard Abdiel Villareal Ortiz

<sup>1</sup>. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé, Panamá.

[anthony.camero@up.ac.pa](mailto:anthony.camero@up.ac.pa) <https://orcid.org/0009-0007-2834-1076>

<sup>2</sup>. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé, Panamá.

[eduard.villarreal@up.ac.pa](mailto:eduard.villarreal@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-2621-773X>

Recibido: 01/12/2025 - Aceptado: 3/2/2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v10n2.a9801>

### Resumen

El siguiente artículo busca crear una nueva propuesta de enseñanza del concepto de neutralización enfocada en el aprendizaje basado en problemas, partiendo de una metodología distinta para la enseñanza del concepto, y se revisan distintas fuentes bibliográficas que contrasten con la metodología de comparación, y puedan sustentar la utilización de la nueva metodología propuesta. Aquí se rescata brevemente la experiencia propia del autor en base a sus estudios secundarios y universitarios alrededor del aprendizaje de dicho tópico y las carencias que logró rescatar del proceso de enseñanza de sus educadores, así mismo, basándose en esas mismas carencias, plantea una metodología que resuelva la problemática del enseñar tradicional y memorísticamente, apoyándose en la experimentación del laboratorio y la secuencia de didáctica detallada para una sola hora de clases, afirmando que la resolución de problemas relacionados con los saberes cotidianos, más allá de la memorización temporal, ayuda a un aprendizaje permanente del concepto a enseñar.

**Palabras clave:** Neutralización, ácido-base, aprendizaje basado en problemas, experiencia de laboratorio.

### Abstract

The next article aims to create a new teaching proposal about the neutralization concept focused on the problem-based learning starting from different methodology of teaching about the neutralization concept and they are reviewed bibliographic that can contrast and sustain using the proposed new methodology. Here is briefly rescued the author's own secondary and university studies experience about learning that topic and all lacks that could be rescued of his professor's teaching process, likewise basing in the same

lacks considers a methodology that solves the traditional and memoristic teaching problema leaning on laboratory experimentation and the detailed didactic sequence for just one hour class asserting that the everyday knowledge related problems resolution beyond temporary memorization helps a permanent learning about the teaching concept.

**Keywords:** Neutralization, acid-base, problem-based learning, laboratory experience.

## Introducción

Al referirnos a las reacciones de neutralización en la química asociamos el término de inmediato al concepto de pH o potencial de Hidrógeno de una sustancia o solución, concretamente con la “neutralidad” de dicha escala. Sin embargo, al caer en esto limitamos muchísimo el concepto de neutralización en los estudiantes, ya que, al llegar al laboratorio se dan un golpe contra la pared al comprobar que una neutralización no es solamente lo antes señalado por el profesor.

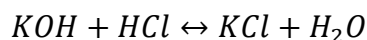
Durante el período escolar del autor, dentro de todas las teorías que abarcan los conceptos de ácidos y bases, o las 3 más famosas, siendo las de Arrhenius, Brönsted-Lowry, y Lewis, sus docentes solo introdujeron la primera de estas teorías, siendo la más utilizada también durante el período universitario. Bien es de saberse que todas las teorías tienen su complejidad para el entendimiento del estudiantado, sin embargo, el no incluirlas dentro de los planes de secuencia de didáctica limita mucho las concepciones que pueden construir los estudiantes y les hará imposible reconocer sustancias ácidas o básicas si estas no cuentan con iones  $H^+$  o iones  $OH^-$ . La deficiencia en la enseñanza de estos temas en los distintos niveles académicos puede señalar dos cosas: 1, los profesores subestiman las capacidades de sus estudiantes para el dominio de las tres definiciones; 2, los profesores no dominan las definiciones y, por tanto, no pueden enseñarlas. Ambas posibilidades señalan un punto crítico a considerar en proceso de enseñanza-aprendizaje en el sistema educativo panameño.

El ver las teorías ácido-base, por ejemplo la de Brönsted-Lowry permite no solamente internalizar el concepto de ácido y base, sino que también el concepto de equilibrio químico y las reacciones reversibles, y la de Lewis se relaciona con la formación de compuestos de coordinación o complejos que permiten una demostración experimental, atractiva y vistosa, del principio de LeChatelier, por lo que estas definiciones facilitan la tarea del docente para introducir, comprobar e interrelacionar aspectos de la propia química entre sí.

Al trasladar la química al mundo real y probarle al estudiante que los ácidos no son solamente sustancias que donan un protón, ni que las bases liberan iones  $OH^-$  en solución acuosa crea un sentimiento de conflicto en los estudiantes ya que necesitarán un nuevo sistema para poder identificar sustancias con estas propiedades. Una forma orgánica de crear una interrelación de los conceptos es partir desde la presentación de las clasificaciones de ácidos y bases planteadas por Arrhenius, las cuales son las siguientes (Brown et al., 2004):

- Ácidos y bases fuertes: definidas como sustancias que, en solución acuosa, se disocian al 100%, liberando sus iones  $H^+$  y sus iones  $OH^-$ , correspondientemente.
- Ácidos y bases débiles: definidas como sustancias que, en solución acuosa, se disocian parcialmente, liberando sus iones  $H^+$  y sus iones  $OH^-$ , correspondientemente

El poner en juego estas sustancias mediante reacciones químicas permite desarrollar un poco más el concepto de neutralización y abandonar la creencia de que una reacción de neutralización siempre origina una solución de  $\text{pH}=7$  con una sal disuelta en ella, según la definición de Arrhenius:



La introducción de esta problemática, la antítesis de la realidad con la práctica experimental coloca a los estudiantes en una posición defensiva donde deben encontrar una solución, de esta forma se desarrollarán un interés en el *qué hago, qué sucede, cómo sucede*, y es tarea fundamental del docente rescatar los puntos fuertes de sus concepciones alternativas y encaminarlas a una definición más acertada y acorde con las teorías previamente establecidas.

### Problemática de la enseñanza de química descontextualizada

El aprendizaje basado en problemas o ABP presenta una nueva solución a la enseñanza de cualquier ciencia. Según Barrows (1986, citado en Morales Bueno y Landa Fitzgerald, 2004), y orientado a la química, el ABP es una forma de aprendizaje basado en una problemática asociada a la vida real que permite la adquisición y asimilación de un conocimiento, sin embargo, en Panamá nos enfrentamos a una enseñanza, no solo de la química sino de las ciencias en general, desconectada totalmente del mundo real, donde el docente propone un *problema* a resolver partiendo de principios matemáticos y no de lo cotidiano y concreto, es decir, se presentan enunciados de los cuales solo deben extraerse datos e introducirlos en una fórmula matemática asociada a un concepto, sin invitar al estudiante a pensar realmente. Los estudiantes reconocen que no son capaces encontrar un método para aprender, o de utilizar los conocimientos en la práctica, por lo que los relegan al olvido. (Poot-Delgado, 2013). Según Muñoz y Muñoz (2009) la mejor forma de fomentar un pensamiento productivo en los estudiantes es la inserción de preguntas que generen tensión o conflicto en ellos, lo cual se logra asociando los problemas con lo que ellos conocen o creen conocer.

La química es la ciencia experimental por excelencia; a nuestro alrededor tenemos todo lo necesario para hacer química, y así mismo esta debe enseñarse de tal forma que los conocimientos o conceptos que adquiera el estudiante les sirvan para resolver problemas del entorno, ya que de esta forma le darán un valor al conocimiento por estar asociado a un determinado momento de desarrollo tecnológico y social (Furió, 2006) por lo que debe enseñarse en función del mundo que nos rodea; es decir, contextualizada.

Se plantean dimensiones de contextualización (Parga y Piñeros, 2018) según la forma en que se imparte el contenido.

Con el ABP se sostiene una situación real, que el estudiante puede asociar con lo que ve en su cotidianidad, y lo previamente aprendido en el aula de clases. Por ejemplo, dentro del espacio libre para comentarios de estudiantes del proyecto *Dinflux* de Quintanal (2023), resalta lo dicho por el estudiante 32: “Lo que más me ha gustado es que lo que estudiamos se aplica a situaciones de cine o series que hoy en día las consumimos mucho” (p. 220113), esto nos demuestra que el interés del estudiante depende en gran parte de la contextualización del problema con su entorno, de tal forma que cuanto más relacionado con lo cotidiano esté el problema. Una vez el estudiante ha desarrollado ese deseo de resolver por cuenta propia, se convierte en un participante activo de la clase, es decir, él es quien se pregunta, quien piensa y quien resuelve el problema, todo esto de la mano del docente, ya que en el ABP el estudiante es el centro del proceso enseñanza-aprendizaje,

y, tal como lo resuelve Parga y Piñeros (2018), la contextualización cotidiana es la mejor herramienta al alcance del docente para generar problemas propuestos y controversias circa a un tema específico. Sin embargo, Fernández et al. (2006), contrastando con lo dicho por Parga y Piñeros (2018), a través de su revisión de estudios empíricos, señala que hoy día se observa una marcada presencia de un currículo tradicional tanto en los estudios universitarios como en los básicos, lo que no permite el desarrollo de las habilidades que se espera que los estudiantes consigan para su vida cotidiana y profesional (Figura 1).

**Figura 1**

*Contextualización de los contenidos de enseñanza de la química.*



Nota: adaptado de *Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados* (p.59), por Parga-Lozano, D. L., y Piñeros-Carranza, G. Y., 2018, *Educación química*, 29(1).

### Limitación conceptual de ácido, base y neutralización

El currículo del Ministerio de Educación de Panamá (MEDUCA, 2014) contempla los conceptos de ácidos y bases en duodécimo grado, comprendido en el área *Enlace químico y estados de agregación de la materia/transformaciones químicas*, siendo, secuencialmente, el penúltimo tema propuesto por el plan de estudios de Química. Dentro de este tema se contemplan las distintas teorías que existen para estos conceptos.

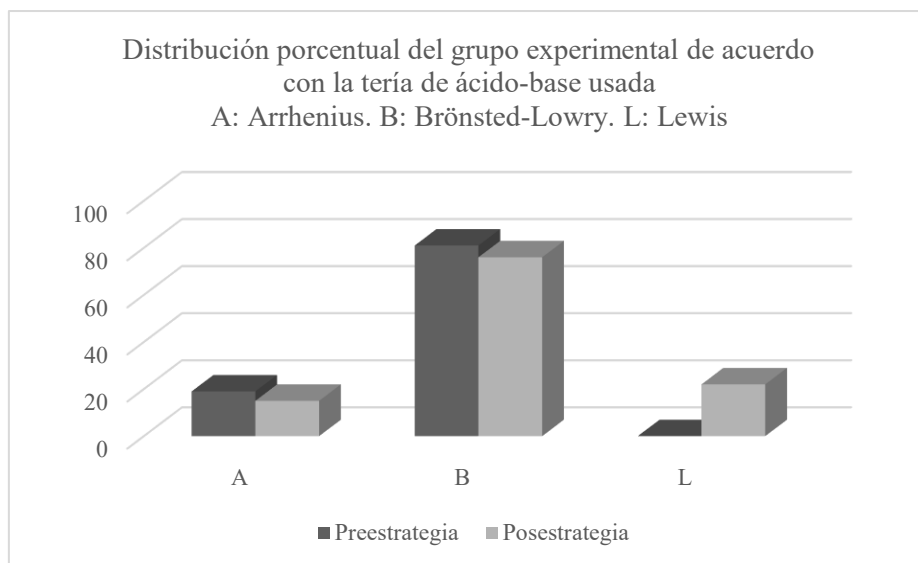
Brown et al. (2004), en la interpretación de sus resultados nos dice que en los niveles académicos superiores predomina la definición de ácidos y bases de Arrhenius. Lo que puede derivar en dos posibles conclusiones: 1, los estudiantes comprenden mejor los conceptos en función de una representación simbólica (presencia de ion  $H^+$  o ion  $OH^-$ ) que, en función de sus interacciones químicas, como lo plantean las teorías de Brønsted-Lowry y Lewis; o 2, que el docente se enfoca más en la enseñanza de la teoría de

Arrhenius, limitando los conceptos ácido y base, siendo el segundo caso una experiencia en la formación del autor.

Otro estudio (Torres y García, 1997) mostró en el pretest que el 81% de los estudiantes justificaban sus respuestas en base a la teoría de Brønsted-Lowry, y el restante en la teoría de Arrhenius; descartaron por completo la definición de ácidos y bases de Lewis. Por otro lado, en el postest, se vio una disminución en el porcentaje de estudiantes que usaban la teoría de Brønsted-Lowry a un 76%; Arrhenius, bajó a 4%, y surgió un grupo que utilizaba la definición de Lewis con un 22%, tal y como se observa en la figura 2.

**Figura 2**

*Gráfica de distribución porcentual en relación con la teoría ácido-base.*



Nota: Adaptado de *Los suelos en la enseñanza de la teoría ácido-base de Lewis. Una estrategia didáctica de aprendizaje por investigación. Enseñanza de las Ciencias* (Torres y García., 1997).

Los resultados de Torres y García (1997), en símil con los obtenidos por Bardanca et al. (1993), señalan que no existe una equidad en la utilización de las teorías de ácido-base, sino que siempre predomina una frente a las otras.

Desde las reacciones químicas, se nos dice (Furió, 2006) que la teoría de Arrhenius es de validez limitada, por la incapacidad de separar conceptos como la hidrólisis y la ionización en solución acuosa, cuestiones que sí puede resolver la teoría de Brønsted-Lowry según sus teorías. Furió (2005, citado en Furió 2006), plantea que es necesario que el docente domine aquellos puntos que obstaculizaron el saber científico, y encuentre en ellos un símil para los obstáculos que pueden enfrentar los estudiantes.

### Propuestas anteriores de la enseñanza de la neutralización

Gutiérrez et. al (2014), nos presenta un modelo de enseñanza de las reacciones ácido-base, asociadas a la neutralización) de 3 fases con un enfoque del aprendizaje basado en la investigación (o aprendizaje por investigación, API), donde se tiene como punto de partida el mismo elemento que se utiliza en el Aprendizaje Basado en Problemas, es decir, una situación relacionada al tópico y al contexto del estudiante y lo que conoce:

**Tabla 1**

*Síntesis de las fases del modelo API de enseñanza de ácidos y bases planteadas por Gutiérrez et. al (2014).*

Fases del modelo API de enseñanza de ácidos y bases	
Iniciación	Se plantean preguntas (problema) que despierten el interés en el estudiante, de esta forma el estudiante empieza a buscar respuestas en base a los conocimientos previamente adquiridos. El docente debe validar los puntos que pueda rescatar de cada idea del estudiantado y orientarlas al concepto correcto.
Desarrollo	El docente brinda las herramientas necesarias para la construcción individual de un concepto propio del estudiante, los cuales serán utilizados para crear una concepción común a raíz de las explicaciones del docente. Luego el docente, y siguiendo la línea de lo construido, presenta él el concepto correcto.
Acabado	Aquí se evalúa la forma en que los estudiantes transfieren los conceptos a otros contextos.

De esta forma el autor ha creado una forma de pensamiento en el estudiante en el que él es capaz de resolver problemas mediante la investigación, reflexión y puesta en práctica de los conceptos que él mismo ha construido siguiendo la línea guía que ha propuesto el docente, sin embargo, durante la fase de *Desarrollo*, al brindarle al estudiante las páginas web o enlaces a la información, limitamos las capacidades investigativas del estudiante, ya que simplificamos el rol del estudiante a abrir la página y extraer la información que necesita y poco más. Según Pérez Gómez (1989, citado en García y Ladino, 2008) una de las etapas del aprendizaje por investigación es cuando el estudiante desarrolla su autonomía y creatividad para la resolución del problema, y consigue un sentido la tensión que se ejerce para su desarrollo individual o social.

Es decir, de esta forma el estudiante no podrá equivocarse, no podrá reconocer dónde está su error, ni si la fuente que está utilizando es confiable o no, siendo estos, no solo requisitos fundamentales de la investigación, sino, pilares de un aprendizaje duradero.

Si bien es cierto que Gutiérrez et al. (2014) se centra en los conceptos ácido-base, también es capaz de abordar el tópico de neutralización según los problemas planteados, pero siguiendo la línea anterior, no presenta qué definición de ácido-base utiliza para poder implementar el aprendizaje por investigación de su trabajo, y nuevamente cierra el concepto de neutralización a una sola definición, siendo, por lo que puede verse en los problemas propuestos, la definición de Arrhenius.

Además, el anterior trabajo solo se limita al aprendizaje que enclaustra al estudiante dentro de un salón de clases, sin considerar que, tal y como nos dicen Lopez y Lopez (2018) en su investigación, la enseñanza de la ciencia carece de sentido sin la parte práctica, es decir, el laboratorio, por lo que es necesario también fomentar los experimentos de laboratorio basado en investigaciones guiadas como un complemento para de la propuesta de Gutiérrez et al. (2014).

## Nueva propuesta de la enseñanza de los conceptos de Neutralización basada en el problema del pH neutro

Comúnmente tendemos a pensar que para que haya una reacción de neutralización el potencial de Hidrógeno o pH de la solución producto de la reacción debe ser de 7. Siguiendo la concepción anterior, el docente debe partir de la premisa anterior (concepción alternativa) y ponerla en conflicto en las siguientes etapas:

**Tabla 2**

*Presentación de los pasos a seguir para la enseñanza de las reacciones de neutralización.*

1. Presentación de la problemática				
	Problema	Sugerencia	Propósito	Indicador de logro
Inducción/deducción	Neutralización con un pH distinto de 7	Reacción entre un ácido débil y una base fuerte o viceversa	Crear en el estudiante un conflicto que rompa con la concepción previamente creada	El estudiante sugiere ideas del por qué es una neutralización y no tiene un pH=7
	2. Introducción de nuevos conceptos relacionados			
	Conceptos por introducir	Sugerencias	Propósito	Indicador de logro
Construcción	Definiciones de ácidos y bases	Ácidos y bases débiles Definiciones de Brönsted-Lowry y de Lewis	Ampliar la visión que el estudiante había creado anteriormente sobre el concepto de ácido y base	El estudiante ha dejado de asociar los términos: ácido al H <sup>+</sup> y base al OH <sup>-</sup>
	3. Reinserción del concepto de <i>Neutralización</i> ligado a las <i>definiciones de Ácidos y Bases</i>			
	Sugerencias	Propósito	Indicador de logro	
Construcción	Presentar reacciones ácido-base y mostrar cómo se llevan a cabo los procesos de neutralización según cada definición	El estudiante entiende cómo se llevan a cabo las neutralizaciones según las 3 definiciones de ácido-base (Arrhenius, Brönsted-Lowry, Lewis)	El estudiante redefine el concepto de neutralización y puede predecir los productos de cada neutralización en función de las especies y definiciones que reaccionan.	
Construcción	<i>Evaluación*</i>			

Nota: el proceso de evaluación se extiende a todas las etapas.

La secuenciación de los pasos está basada en lo siguiente:

- *Reconocimiento del error*: el estudiante concebirá su definición previa como incorrecta, o incompleta, lo que servirá como bases para la creación de un aprendizaje significativo en la construcción de un nuevo concepto tras su búsqueda de ampliarlo o corregirlo, por inducción del docente o por deducción propia. Se afirma que en los nuevos modelos constructivistas el error es un punto por erradicar, sin embargo, reconoce la aparición fortuita, e incluso provocación, como un medio necesario para eliminar estos mismos del alumnado (Astolfi, 1999).
- *Reconstrucción individual-grupal*: posteriormente se inicia el proceso de reconstrucción de la definición de neutralización del estudiante, por medio de aprendizaje colaborativo. Ciertamente es que la colaboración no es una garantía de aprender, sin embargo, la colaboración puede iniciar procesos cognitivos individuales que producen respuestas parciales, y por medio de la colaboración, séase del tipo que sea, podría encaminar a los individuos a generar nuevas ideas que se apoyen en las de sus semejantes, y acercarse más a un aprendizaje significativo (Collazos y Mendoza, 2006), tomando en cuenta de que trabajarán en equipo para resolver un problema.
- *Formalización de las ideas*: el docente, partiendo de las ideas anteriormente rescatadas por los estudiantes, formaliza una definición para el concepto de neutralización.

Se parte de una etapa *inductiva/deductiva*, donde se plantea el problema experimental:

“Un científico lleva a cabo una neutralización al hacer reaccionar 100 ml de una solución de ácido acético a 0,67 M, con 100 ml de una solución de Hidróxido de Potasio a 0,67 M, y al finalizar mide el pH de la solución inicial y observa que es de 5,7.”

Tomamos como punto de partida la concepción alternativa de que en una neutralización el pH debe ser 7, donde el estudiante ha inferido que, ergo, todas las neutralizaciones deben ser iguales (*deducción*), y se plantea una situación específica donde se busca que el estudiante deconstruya la noción anterior sobre neutralización, es decir, que pueda establecer un concepto general de este a partir de casos específicos (*inducción*).

La segunda y tercera etapa son de *construcción*, bien de parte del estudiante o del profesor, pero este proceso es continuo desde el momento en que ya ha empezado a desarrollarse el problema, y aquí es tarea del docente no solo presentar los hechos, sino estimular el pensamiento de los estudiantes con espacios de preguntas bilaterales, donde el docente pregunta y viceversa, de tal forma que no queden lagunas que puedan crear concepciones alternativas durante la formación del concepto.

Durante el planteamiento de este proceso es fundamental el reconocimiento de que todos los pasos a seguir comprenden en que *evaluación* no es un estado final, sino un estado constante. El docente debe evaluar durante cada momento de la clase a sus estudiantes por medio de preguntas, por lluvias de ideas, debates colectivos y demás, de tal forma que se asegura que el aprendizaje está llegando correctamente a cada estudiante.

### Materiales y Método

El estudio emplea un diseño cuasiexperimental de pretest/postest con una muestra de N=10 (pretest) y N=8 (postest).

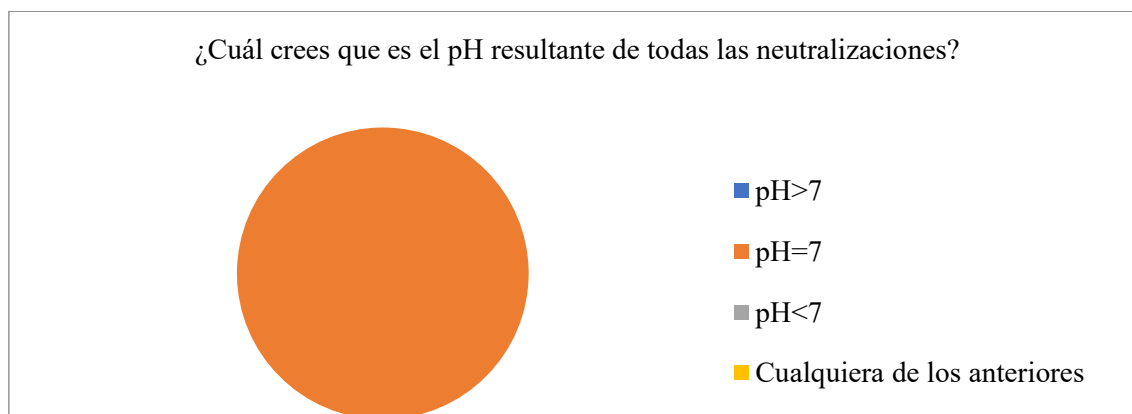
El estudio cuantitativo del dominio de las concepciones alternativas y reales del concepto de la reacción de neutralización fue llevado a cabo el jueves 27 de junio de 2024. Se llevó a cabo en el laboratorio de Química general de la Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé “Dr. Bernardo Lombardo”, teniendo como población a los estudiantes de segundo año, primer semestre, de la licenciatura en docencia de Química. Se les aplicó una prueba tipo pretest con el fin de conocer los conocimientos previos relacionados a los conceptos de ácidos, bases y neutralización. Posteriormente se llevó a cabo un laboratorio de una reacción de neutralización entre un ácido débil y una base fuerte con el propósito de determinar el pH de la solución resultante. Se continuó con la sesión experimental por parte del docente poniendo en práctica la secuencia propuesta para la enseñanza del concepto de neutralización enfocada en el ABP (Tabla 2). Para finalizar se realizó un postest.

### Resultados y Discusión

Después de la aplicación del pretest (10 respuestas), antes de realizar las mezclas de las soluciones para medir el pH de la solución resultante, se les planteó lo siguiente: “*Si esta es una reacción de neutralización, ¿qué pH tendrá la solución resultante?*”, a lo que se obtuvo una respuesta unánime de: “7”. Esto también se ve reflejado en los resultados del pretest:

#### Figura 3

*Prevalencia del sesgo de neutralidad semántica y una distribución porcentual de la expectativa de pH en reacciones de neutralización previo a la intervención didáctica.*



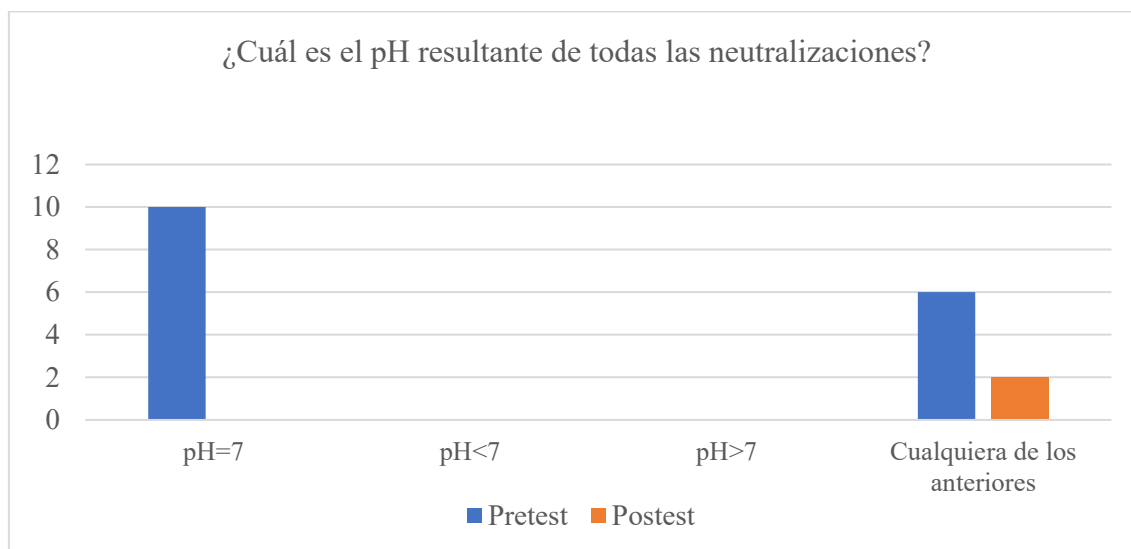
Los estudiantes, tal vez por asociación semántica, relacionan el pH neutro (pH=7) con la *neutralización*. Esto no es de sorprendernos, ya que una de las principales formas de aprendizaje del ser humano es la asociación. Nos plantea Asimov (1975) que cuando se descubrió el cobalto se pensaba que era sulfato de cobre por su característico color azul. No fue sino indagando y aplicando otros métodos que se pudo separar y descubrir que no estaban frente a sulfato de cobre, sino ante un nuevo metal. Si los mineros que dieron con el mineral hubiesen sabido que existía, no habrían dicho de inmediato que era sulfato de cobre; análogamente, si los estudiantes hubiesen sido instruidos en reacciones de

neutralización con otros tipos de ácidos y bases (que no fuesen fuertes ambas), no habrían afirmado que la solución resultante era neutra.

Posterior a la aplicación del modelo de enseñanza, se aplicó el postest (8 respuestas) y se volvió a realizar la pregunta, en conjunto con otras del pretest, donde se observó lo siguiente:

**Figura 4**

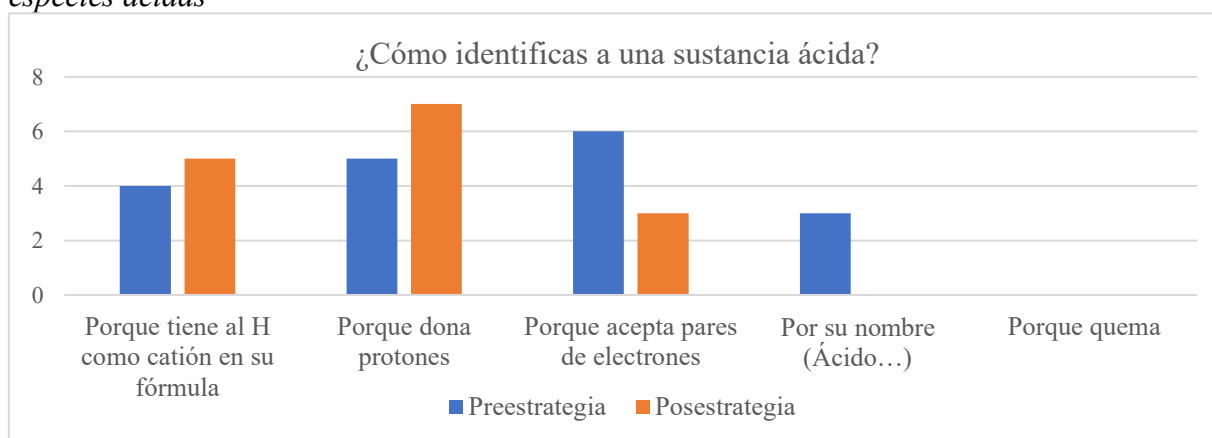
*Variabilidad del constructo de neutralización post-intervención de la percepción del pH resultante en sistemas ácido-base no equinormales*



A pesar de que el mensaje no llegó correctamente a todos los encuestados (a razón de una mala explicación o de falta de interés del alumnado reacio a cooperar), sí apareció una población que destaca que las neutralizaciones en general no tienen un pH específico que pueda extenderse a todas estas reacciones.

**Figura 5**

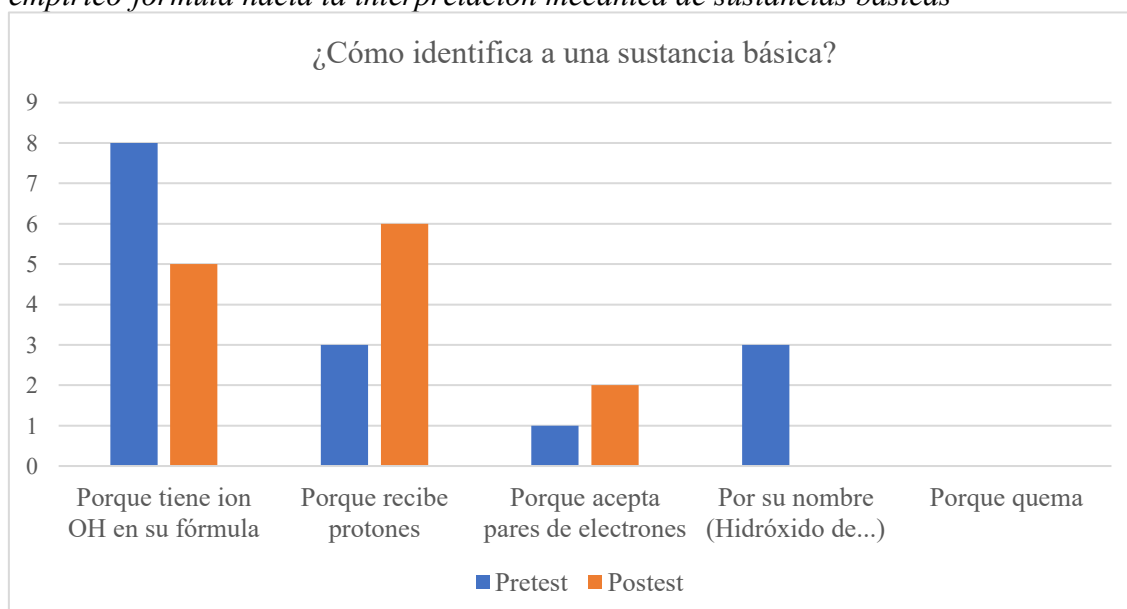
*Análisis comparativo de criterios de clasificación química para transición de descriptores macroscópicos a modelos teóricos de Arrhenius y Brønsted-Lowry de especies ácidas*



Se ve un incremento en la relación de los conceptos de Arrhenius y de Brønsted-Lowry en función de la identificación de una sustancia ácida. Por otro lado, se redujo la población que utilizó la definición de Lewis para identificar un ácido y una base; se destaca que desapareció la población que se valía de la nomenclatura para identificarlos, además de que no hubo estudiantes que los identificaran porque queman o no.

**Figura 6**

*Evolución de la competencia clasificatoria del desplazamiento del reconocimiento empírico-fórmula hacia la interpretación mecánica de sustancias básicas*



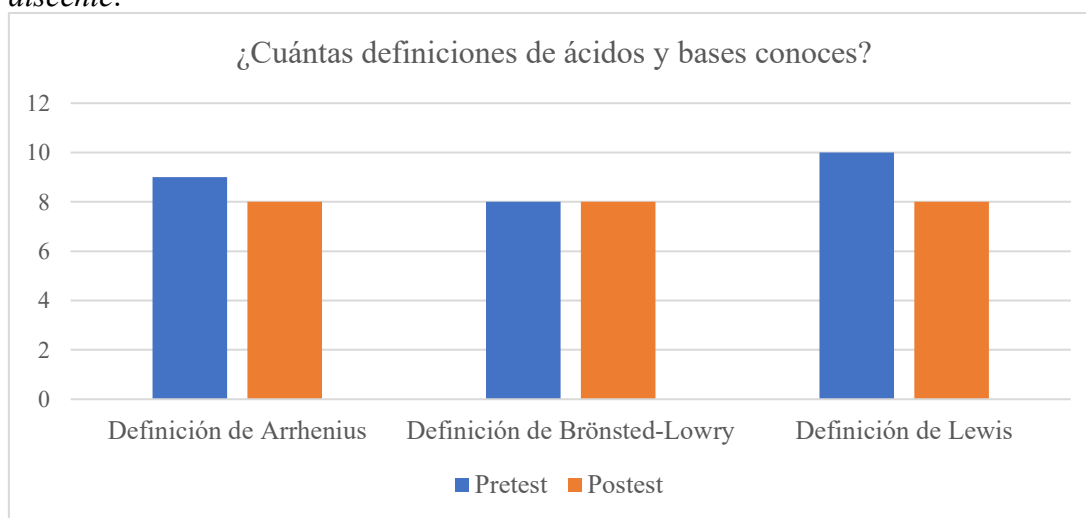
Los resultados posteriores a la aplicación de la estrategia señalan resultados similares, sobre todo en la identificación por su nomenclatura y corrosividad. En los demás aspectos de la identificación se observa un crecimiento en la identificación de las sustancias en base a las otras definiciones distintas a la de Arrhenius. Por su parte, la identificación por

la fórmula se redujo; esto puede traducirse en que los estudiantes han ampliado su visión y concepción de ácidos y bases más allá de su fórmula química o nomenclatura.

Para el ítem: ¿Cuántas definiciones de ácidos y bases conoces?; se observó que solo dos estudiantes de la población de estudio no seleccionaron las tres definiciones (Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis), sino que uno solo señaló la de Lewis, y otro omitió solamente la de Brönsted-Lowry, tal como se observa en la Figura 7.

**Figura 7**

*Grado de alfabetización teórica en la Eficacia de la estrategia ABP en la integración de los modelos de Arrhenius, Brönsted-Lowry y Lewis en el esquema cognitivo del discente.*

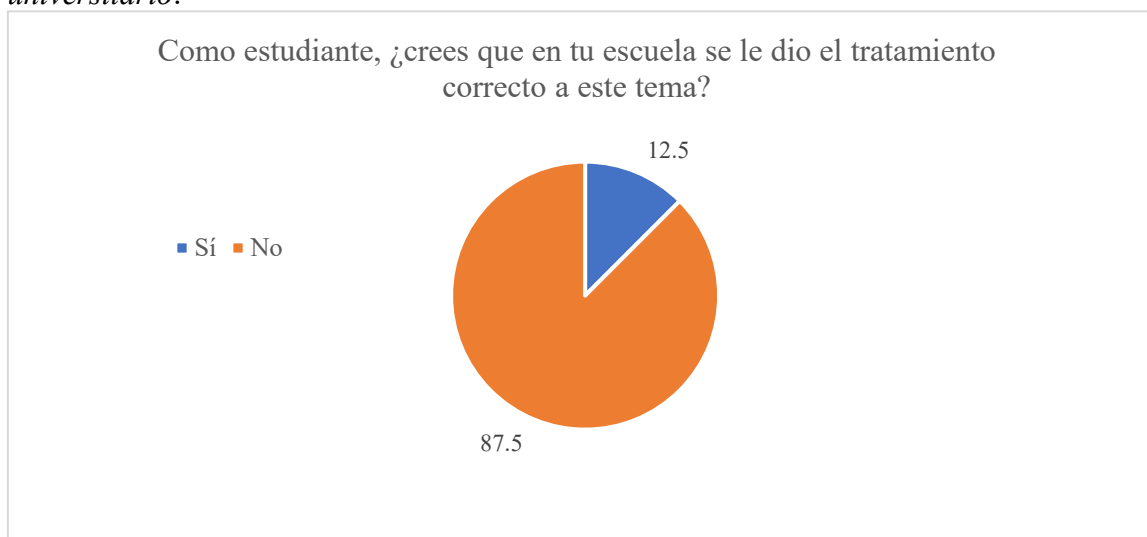


Posterior a la estrategia, el 100% señaló las tres definiciones más conocidas sobre las teorías ácidos y bases.

Por último, en el posttest, se abrió un espacio donde los estudiantes podían señalar el tratamiento que les fue dado en secundaria sobre este tema, y la Figura 8 muestra los resultados.

**Figura 8**

*Diagnóstico de la calidad de la instrucción previa frente a la evaluación retrospectiva de la suficiencia didáctica en el nivel medio superior desde la perspectiva del estudiante universitario.*



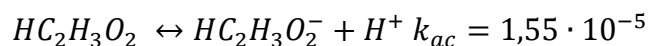
Estos resultados señalan una obvia y crítica deficiencia en la enseñanza de los conceptos de ácidos, base y neutralizaciones en el bachillerato en Ciencias, ya que, de 8 respuestas solamente un encuestado tuvo brindó una positiva con relación a la pregunta.

Nuevamente se reitera que esto puede deberse a la falta de instrucción de los propios docentes en el tema, o al subestimar las capacidades de los estudiantes prefieren omitir este tema.

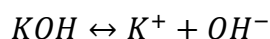
### Sobre el problema propuesto

La reacción presentada es de un ácido débil (Ácido Acético) y una base fuerte (Hidróxido de Potasio) según la definición de Arrhenius. Con esto se introduce los tipos de ácidos y bases de Arrhenius, sabiendo que las especies (ácidos o bases) débiles no se ionizan al cien por ciento (100%), mientras que las especies fuertes sí.

Por lo que para la misma cantidad de moles de  $HC_2H_3O_2$  y de  $KOH$ , el segundo reaccionará por completo, mientras que el primero quedará en exceso definido por las siguientes reacciones:



Reacción 1. Ionización del ácido acético produciendo ion Acetato e ion de Hidrógeno (reactante no se ioniza por completo ( $k_{ac}$ )).



Reacción 2. Ionización del hidróxido de Potasio produciendo ion de Potasio e ion hidroxilo. Reactante se disocia por completo.



Reacción 3. Formación de acetato de Potasio y agua a partir de la reacción del ácido acético e hidróxido de Potasio (exceso de ácido acético sin reaccionar).

Como observamos, al reaccionar totalmente el Hidróxido de Potasio, la solución resultante ya no puede tener propiedades básicas, por lo que el reactivo excedente será

quien defina las propiedades de la solución final. Es decir, en esta reacción, a pesar de haber una neutralización, no se dice cual sustancia se ha neutralizado. En este caso debemos especificar que el ácido acético ha neutralizado al hidróxido de Potasio porque este último ha reaccionado con el ácido completamente.

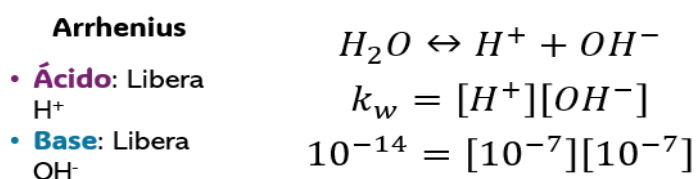
Hofstadter (1982, citado en Gagliardi, 1986), nos dice que un concepto está definido por la relación que guarda con otros conceptos, por lo tanto, si ya hablamos de neutralización de ácidos y bases, sería propicio asociar la neutralización al reactivo limitante de la reacción.

Ahora, a partir de aquí, de haber hablado de las especies débiles y fuertes, se amplía el concepto de ácido y base a otras definiciones. Para Brown et al. (2004), las definiciones de ácidos y bases según sus autores son las siguientes:

- a) Arrhenius: “los ácidos son sustancias que, al disolverse en agua, aumentan la concentración de  $H^+$ , y una base es una sustancia que al disolverse en agua aumenta la concentración de  $OH^-$ ”. En síntesis:

### Figura 9

Representación de la base matemática de la definición de ácido y base de Arrhenius. Ecuación de auto-disociación del agua, constante de equilibrio del agua  $k_w$  y definición de pH según concentraciones de los productos de la reacción.

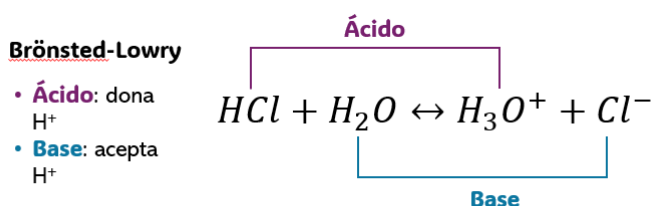


Como se ve en la Figura 3, para que una sustancia sea ácida, su concentración debe ser mayor que  $10^{-7}$ ; de igual forma, para que una sustancia sea básica, su concentración debe ser mayor que  $10^{-7}$ , tomando como base la  $k_w$ .

- b) Brönsted-Lowry: “un ácido es una sustancia (molécula o ion) capaz de donar un protón ( $H^+$ ) a otra sustancia, y una base es la sustancia capaz de aceptarlo”. En síntesis:

### Figura 10

Representación de la base de la definición de ácido y base de Brönsted-Lowry. Reacción de protonación del agua por la disociación del ácido clorhídrico. Presentación de pares conjugados.

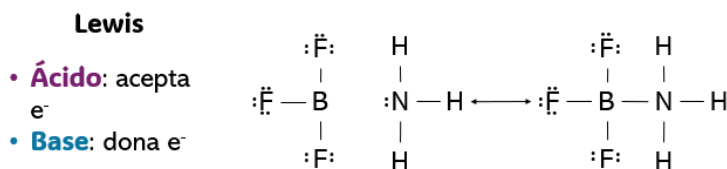


Con esta definición se crea algo denominado *pares conjugados*, es decir, que la base al recibir el protón se vuelve capaz de donarlo (*ácido conjugado*); y el ácido, al perderlo, se vuelve capaz de aceptarlo (*base conjugada*).

- c) Lewis: “un ácido de Lewis es un receptor de pares de electrones, y una base de Lewis es un donador de pares de electrones”. En síntesis:

### Figura 11

*Representación de la base de la definición de ácido y base de Lewis. Reacción de trifluoruro de boro con el amoníaco para producir un compuesto coordinado mediante un enlace covalente dativo por par de electrones libres no enlazantes.*



Para que estos compuestos se formen, uno de los reactivos debe tener un átomo con solo 6 electrones a su alrededor, es decir que no cumpla con el octeto (ácido de Lewis); y el otro debe tener 8 electrones a su alrededor, y al menos un par de electrones no enlazantes libres que donará para formar el enlace (base de Lewis). Este enlace covalente es dativo, porque no hay una compartición de electrones de un compuesto y otro, sino que uno cede totalmente sus electrones para formar el enlace.

### Análisis Estadístico

El análisis de los resultados reveló los siguientes puntos críticos:

1. Desmitificación del Sesgo de Neutralidad que presentan los estudiantes a nivel universitario
  - 1.1. Estado Inicial de los jóvenes a nivel universitario: Existe un sesgo cognitivo del 100% de la muestra, que asocia semánticamente el término neutralización con un pH resultante de 7.0 al realizar estos procesos.
  - 1.2. Efecto encontrado posterior a la Intervención: Tras la aplicación del modelo ABP y la experimentación con ácido acético  $CH_3COOH$  e hidróxido de potasio  $KOH$ , surgió una población de estudiantes capaces de identificar que el pH final depende principalmente de las especies reaccionantes y no es necesariamente un pH neutro. Sin embargo, notamos que el mensaje no alcanzó al 100% de la muestra de los estudiantes, sugiriendo variables externas como la resistencia de los alumnos.
2. Evolución del modelo conceptual aplicado (Teorías Ácido-Base)
  - 2.1. Dominio conceptual de Arrhenius: Inicialmente se encontró que la definición del concepto de Arrhenius predomina sobre Brønsted-Lowry y Lewis.
  - 2.2. Multidimensionalidad Post-Estrategia: Se observa un desplazamiento estadístico significativo hacia la comprensión integrada con un 100% de los encuestados logrando reconocer las tres teorías fundamentales tras la intervención.
  - 2.3. Abstracción Química de los conceptos: Se redujo que la dependencia de la identificación de sustancias basada únicamente en la nomenclatura o fórmula química, lo que indica una transición de un aprendizaje memorístico a uno basado en las interacciones químicas de resultados.
3. Correlación con la Educación Secundaria

- 3.1. Los datos reflejan una correlación negativa entre la formación recibida en el bachillerato y el dominio conceptual esperado. Con tan solo 1 de cada 8 estudiantes obteniendo una valoración positiva de su formación previa en estos tópicos.

## Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se pudo comprobar que:

1. Una parte considerable de la población encuestada no estaba familiarizada con otros tipos de reacciones de neutralización según las especies que se tratan (ácidos y bases débiles con ácidos y bases fuertes, o ácidos débiles con bases débiles).
2. La definición mejor adoptada por los estudiantes es la definición de Arrhenius, lo que señala que las definiciones brindadas por las teorías de Brönsted-Lowry y Lewis han sido rezagadas a un segundo plano de menor importancia.
3. Posterior a la realización de la experiencia y aplicación del modelo, los alumnos, en el 100% de los encuestados, pudieron ser capaces de reconocer todas las teorías de ácido y base.
4. No se logró alcanzar que toda la población encuestada asimilara correctamente que no todas las neutralizaciones obtienen soluciones finales de pH neutro.
5. Los estudiantes reconocen que estos temas necesitan un mejor tratamiento, sobre todo a niveles académicos inferiores, es decir, secundaria.

Al menos en el nivel universitario, sigue sin dársele el tratamiento correcto al tema y este queda muy limitado conceptualmente con respecto a lo planteado por los científicos. Si bien es cierto que puede ser difícil trabajar con estas sustancias, sobre todo con las fuertes, debido al peligro que representan para cada persona que haya en el laboratorio, son temas que son abarcados tanto en secundaria como en universidad y deben ser atendidos. La mejor herramienta que ofrece la química frente a otras ciencias es el gran campo experimental, y reinterpretando las palabras de Izquierdo (2004), los estudiantes no van a despertar interés ni cuestionar sin una actividad científica que experimenten y que vaya acorde con lo que quieren aprender, es decir, el laboratorio. Así mismo se espera que las nuevas propuestas disciplinares relacionarán de forma correcta y orgánica la teoría y la práctica, otorgándole a la enseñanza un carácter contextualizado, y se convertirá en modelos para futuros desarrollos de conceptos (Izquierdo, 2004).

Una forma de lograr asimilar los conceptos de ácido, base y neutralización correctamente y aún más contextualizado, sin necesidad de una experiencia de laboratorio, es el problema planteado por Gutiérrez (2014) (véase *Propuestas anteriores de la enseñanza de la neutralización*) sobre la reacción entre el ácido estomacal y los comprimidos antiácidos.

Los estudiantes de la licenciatura en docencia de Química de segundo año se mostraron reacios y con pocas ganas de participar en la investigación, lo que podría traducirse en la poca evolución que se tuvo posterior a la estrategia. Esto, a su vez, podría probar que el interés del estudiante es la mejor herramienta que tiene un docente para transmitir sus conocimientos.

Más allá del experimento, se refiere también a una deficiencia en la preparación experimental por parte de los estudiantes, ya que estos, en segundo año de la carrera, desconocían completamente el procedimiento a seguir para preparar una solución a una concentración determinada, lo que muestra una carencia en la enseñanza de este tema en

el último año del bachiller en Ciencias en secundaria, experimentada también por el autor en su momento.

### Referencias

- Asimov, I. (1975). Breve Historia de la Química. *Alianza Editorial*.
- Astolfi, J. P. (1999). El error, un medio para enseñar.  
[https://www.academia.edu/download/45431012/APRENDER\\_DE\\_LOS\\_ERRORES\\_De\\_una\\_pedagogia\\_del-exito\\_a\\_una\\_didactica\\_del\\_error.pdf](https://www.academia.edu/download/45431012/APRENDER_DE_LOS_ERRORES_De_una_pedagogia_del-exito_a_una_didactica_del_error.pdf)
- Bardanca, M., Nieto, M., & Rodríguez, M. C. (1993). Evolución de los conceptos Ácido-base a lo largo de la enseñanza media. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(2), 125-129.  
<https://ensciencias.uab.cat/article/download/v11-n2-bardanca-nieto-rodriguez/2435>
- Collazos, C. A., y Mendoza, J. (2006). Cómo aprovechar el "aprendizaje colaborativo" en el aula. *Educación y educadores*, 9(2), 61-76.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0123-12942006000200006yscript=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0123-12942006000200006yscript=sci_arttext)
- Fernández Martínez, M., García Sánchez, J. N., Caso Fuertes, A. M. D., Fidalgo Redondo, R., & Arias Gundín, O. (2006). El aprendizaje basado en problemas: revisión de estudios empíricos internacionales. *Revista de educación*.  
<http://hdl.handle.net/11162/69066>
- Furió, C. J. M. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación química*, 17(4e), 222-227.  
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66011>
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 30-35. <https://ensciencias.uab.cat/article/download/v4-n1-gagliardi/3032>
- García-Contreras, G. A., & Ladino-Ospina, Y. (2008). Desarrollo de competencias científicas a través de una estrategia de enseñanza y aprendizaje por investigación. <http://hdl.handle.net/10983/533>
- Gutiérrez, M. R., Meza, P. G. & Triana, Z. V. (2014). Una propuesta para la enseñanza de los conceptos Ácido-Base, a partir del enfoque didáctico: aprendizaje por investigación. *PPDQ Boletín*, (52).  
<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/PPDQ/article/view/2573>
- Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modernizar. *Anales de la Asociación Química Argentina* (Vol. 92, No. 4-6, pp. 115-136). [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0365-03752004000200013yscript=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0365-03752004000200013yscript=sci_arttext)
- Lopez-Gazpio, I. & Lopez-Gazpio, J. (2018). Investigaciones Guiadas y Microcontroladores en la Enseñanza de la Química en la Universidad y en la Educación Secundaria. *Actualidad Analítica*, (64), 11-14.  
[https://seqa.es/wp-content/uploads/2023/03/003\\_Lopez-Gazpio\\_compressed.pdf](https://seqa.es/wp-content/uploads/2023/03/003_Lopez-Gazpio_compressed.pdf)
- Ministerio de Educación [MEDUCA]. (2014). Programa Curricular de Química – Duodécimo Grado.

- Morales Bueno, P. & Landa Fitzgerald, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/574>
- Muñoz, J. R., y Muñoz, L. (2009). Neutralización ácido–base, un concepto desde lo cotidiano. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1095-1100. <https://www.redalyc.org/pdf/6142/614277077031.pdf>
- Parga-Lozano, D. L. & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Poot-Delgado, C. A. (2013). Retos del aprendizaje basado en problemas. *Enseñanza e investigación en psicología*, 18(2), 307-314. <https://www.redalyc.org/pdf/292/29228336007.pdf>
- Quintanal Pérez, F., (2023). Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de Bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka*, 20(2), 220101-220116. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i2.2201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2201)
- Torres, L. S. & García, J. J. G. (1997). Los suelos en la enseñanza de la teoría ácido-base de Lewis. Una estrategia didáctica de aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 15(1), 59-71. <https://ensciencias.uab.cat/article/download/v15-n1-salcedo-garcia/2097>