



TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2021/2022

Ácidos y bases en el currículum de la ESO y Bachillerato. Identificación de problemas y propuestas de mejora.

AUTORA: Clara Isabel Sánchez de las Heras

TUTORA: M^a Jesús Baena Alonso

Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

Facultad de Educación y Trabajo Social – Facultad de Ciencias

Universidad de Valladolid

RESUMEN

La Química es una de las ciencias más importantes ya que su objeto de estudio es todo aquello que nos rodea en la vida diaria, la materia. Una gran parte de esta materia tiene características ácidas o básicas, con lo cual los conceptos asociados a ácidos y bases son fundamentales para entender las propiedades de un gran número de sustancias y de fenómenos presentes en la vida cotidiana. Por ello, es necesario el correcto aprendizaje de estos conceptos para cualquier estudiante de Secundaria, independientemente de que prosiga sus estudios por la rama de Ciencias o no. Sin embargo, la asignatura de Química en los institutos se presenta como una disciplina abstracta que algunas veces parece no tener conexión con la realidad, por lo que muchos alumnos no son capaces de comprender conceptos relativos al equilibrio químico o a los ácidos y bases dado su nivel de complejidad.

En este Trabajo de Fin de Máster se pretende mostrar las dificultades a la hora del aprendizaje y enseñanza del concepto ácido-base en la Educación Secundaria Obligatoria y en Bachillerato. Se ha empezado por analizar los contenidos sobre este tema en los distintos currículos y se ha realizado una investigación sobre las dificultades a la hora de enseñarlo los docentes o de aprenderlo los alumnos. También se ha hecho una revisión de las diferentes metodologías que proponen diversos autores para la enseñanza del tema y del enfoque que hacen los libros de texto. Con la información recabada, se hace una propuesta didáctica en la que se intentan solventar los problemas de abstracción que presentan la mayoría de los alumnos mediante la utilización de esquemas conceptuales, experimentos en laboratorio y el uso de simuladores.

ABSTRACT

Chemistry is one of the most important sciences since its object of study is everything that surrounds us in daily life, matter. A large part of this material has acidic or basic characteristics, so the concepts associated with acids and bases are essential to understand the properties of a large number of substances and phenomena present in everyday life. For this reason, the correct learning of these concepts is necessary for any Secondary School student, regardless of whether they continue their studies in the Science branch or not. However, the subject of Chemistry in high schools is presented as an abstract discipline that sometimes seems to have no connection with reality, so many students are not able to understand concepts related to chemical equilibrium or acids and bases given their level. of complexity.

This Master's Thesis aims to show the difficulties in learning and teaching the acid-base concept in Compulsory Secondary Education and in Baccalaureate. Firstly an analysis of the contents on this subject in the different curriculum was made, as well as an investigation on the difficulties found by teachers and students in the teaching-learning process of this subject. A review has also been made on the different methodologies proposed by various authors and the approach made by textbooks. With the information collected, a didactic proposal is presented in order to solve in some extent the problems of abstraction showed by most of the students. The proposal includes the use of conceptual schemes, laboratory experiments and the use of simulators.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CONTENIDOS CURRICULARES SOBRE ÁCIDO-BASE	3
○ ESO.....	3
○ BACHILLERATO.....	5
DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA DE ÁCIDO-BASE	9
ENSEÑANZA DE ÁCIDO-BASE EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA.....	13
○ METODOLOGÍAS UTILIZADAS	13
○ PERSPECTIVA DE LOS LIBROS DE TEXTO	18
PROBLEMÁTICA DEL ALUMNADO CON EL CONCEPTO DE ÁCIDO-BASE	23
○ ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE ÁCIDO-BASE EN 4º ESO.....	24
○ ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS EN 2º BACHILLERATO	26
○ ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN 2º BACHILLERATO	28
PROPUESTAS DE MEJORA PARA IMPARTIR LOS CONCEPTOS SOBRE ÁCIDOS Y BASES .	31
○ PROPUESTA PARA EL CURSO 4º DE LA ESO	34
○ PROPUESTA PARA EL CURSO 2º DE BACHILLERATO.....	40
○ EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS	55
CONCLUSIÓN	57
BIBLIOGRAFÍA	59
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	62
○ TABLAS.....	62
○ ESQUEMAS.....	62
○ FIGURAS.....	62

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la Historia de la Química se han realizado diferentes clasificaciones de las propiedades de las sustancias con la finalidad de sistematizar su estudio. La clasificación de las sustancias en ácidos o bases y el conocimiento de sus propiedades antagónicas se conocen desde la antigüedad. Estas sustancias están muy presentes en la cotidianidad, por ejemplo, el vinagre (ácido acético), los zumos de naranja o limón (ácido cítrico), la lejía (NaClO), la sosa caustica (NaOH) o el bicarbonato.

Asimismo, las reacciones ácido-base se ubican entre las más importantes y frecuentes en los sistemas químicos y biológicos, y es por eso que es tan importante el estudio de las mismas dentro de la Química. Por todo ello, se considera que el estudio y profundización sobre la manera de enseñar este concepto está más que justificado en el contexto de la asignatura de Física y Química, y por ende del presente Trabajo de Fin de Máster.

La enseñanza del concepto ácido-base y de sus correspondientes reacciones y equilibrios ha estado presente en los centros escolares desde los inicios. Sin embargo, desde los años 90 la profundización en este tema se ha relegado a los últimos cursos de educación no obligatoria como COU y Bachillerato.¹ Además, un elemento en común es que los contenidos que se imparten dan muy poca importancia al trabajo práctico en el laboratorio, están muy alejados de los problemas de la vida cotidiana y son poco motivadores para alumnos y profesores.²

En resumen, se puede observar que durante varias décadas este concepto se ha abandonado al último curso de la educación y en la mayoría de las veces nunca se había impartido en cursos inferiores. Esto significa que los alumnos que cursan la asignatura de Física y Química en 4º de la ESO no vuelven a ver estos conceptos hasta el curso de 2º de Bachillerato si escogen la materia de Química. Por lo tanto, si no escogen esta asignatura la mayoría de las veces los alumnos han olvidado todo lo relacionado con los ácidos y las bases y llegan al primer curso de un Grado sin tener ninguna idea de las propiedades o comportamientos de estas sustancias.

En conclusión, en el curso de 4º de la ESO el currículo debería profundizar más sobre el estudio de los ácidos y bases, ya que los estudiantes en su vida adulta utilizarán sustancias químicas y deberán hacer un buen uso de ellas. Por ello, los alumnos deberían aprender a diferenciar un ácido de una base, saber la importancia que tiene el pH por ejemplo en el medio ambiente y saber cómo utilizar ciertos productos de limpieza, los cuales, si se mezclan incorrectamente pueden provocar peligro en sus vidas.

En definitiva, la dinámica en el currículum de nuestro país debería cambiar en el ámbito del concepto de ácido-base para que los alumnos comprendan y profundicen estos conceptos básicos desde edades muy tempranas, de tal manera que lo puedan utilizar para el resto de sus vidas; y que la asimilación de estos conceptos no dependa de cursar ciertas asignaturas en cursos muy elevados y de carácter no obligatorio.

En los apartados que siguen, se van a analizar los currículos para los diversos cursos académicos en la Comunidad de Castilla y León, al igual que se hará una breve mención sobre las similitudes que presenta con los currículos de las Comunidades Autónomas limítrofes. Después, se presentarán las dificultades en la enseñanza que han observado diversos autores y por consiguiente la enseñanza del ácido-base en los diversos cursos académicos. La enseñanza del ácido-base la vamos a clasificar en las diversas metodologías que nos presentan varios autores junto con la perspectiva de los libros de texto y mi opinión personal sobre cuál sería la mejor forma de enseñanza de este concepto. Posteriormente, se va a destacar la problemática que tienen los alumnos en el aprendizaje del ácido-base, dividiéndolo en los conocimientos que tienen los alumnos en el curso de 4º de la ESO, los conocimientos previos en el curso de 2º de BACH y finalmente los conocimientos que adquieren en ese curso. Estos datos han sido recogidos de los alumnos a los que pude impartir clase durante el Prácticum de este Máster.

Una vez realizado este análisis, el trabajo tiene como objetivo aportar propuestas de mejora para ambos cursos que ayuden a solventar los problemas que acarrearán los alumnos a lo largo de los años.

CONTENIDOS CURRICULARES SOBRE ÁCIDO-BASE

○ ESO

El currículo para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en Castilla y León viene regulado por la ORDEN EDU/362/2015,³ de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. También viene regulado por el artículo 73.1 del Estatuto de Autonomía de Castilla y León, atribuyendo a la Comunidad de Castilla y León la competencia de desarrollo legislativo y ejecución de la enseñanza en toda su extensión, niveles y grados, modalidades y especialidades, de acuerdo con lo dispuesto en la normativa estatal. Además, a nivel estatal el currículum de la Educación Secundaria Obligatoria viene regulado por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación,⁴ en la redacción dada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE).⁵

A continuación, se hace un listado de los cursos donde se imparte la asignatura de Física y Química y, además, se menciona en cuales se imparte los contenidos relacionados con ácido-base.

- 2º de la ESO: corresponde con el curso en el que se imparte la asignatura de Física y Química por primera vez. Podemos destacar que en este nivel educativo no hay ninguna mención al concepto ácido-base.
- 3º de la ESO: en este curso tampoco se hace ninguna mención al concepto de ácido-base. En este nivel se centran en reconocer los reactivos y productos de reacciones químicas sencillas.
- 4º de la ESO: en este curso aparecen por primera vez contenidos relacionados con ácido-base en el bloque 5 “Los cambios”. Se explica por primera vez que es un ácido o una base y cómo distinguir de manera cualitativa la fortaleza de un ácido o una base. Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje aparecen especificados en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Física y Química en el curso de 4º de la ESO.³

Bloque 5. Los cambios.		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>Características de los ácidos y las bases.</p> <p>Indicadores para averiguar el pH.</p> <p>Neutralización ácido-base.</p> <p>Planificación y realización de una experiencia de laboratorio en la que tengan lugar reacciones de síntesis, combustión y neutralización.</p>	<p>6. Identificar ácidos y bases, conocer su comportamiento químico y medir su fortaleza utilizando indicadores y el pH-metro digital.</p> <p>7. Realizar experiencias de laboratorio en las que tengan lugar reacciones de síntesis, combustión y neutralización, interpretando los fenómenos observados.</p> <p>8. Conocer y valorar la importancia de las reacciones de síntesis, combustión y neutralización en procesos biológicos, aplicaciones cotidianas y en la industria, así como su repercusión medioambiental.</p>	<p>6.1. Utiliza la teoría de Arrhenius para describir el comportamiento químico de ácidos y bases.</p> <p>6.2. Establece el carácter ácido, básico o neutro de una disolución utilizando la escala de pH.</p> <p>7.1. Diseña y describe el procedimiento de realización una volumetría de neutralización entre un ácido fuerte y una base fuertes, interpretando los resultados.</p> <p>8.3. Interpreta casos concretos de reacciones de neutralización de importancia biológica e industrial.</p>

○ BACHILLERATO

La regulación del currículo de Bachillerato sigue la misma Ley Orgánica 8/2013,⁵ de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) a nivel estatal.

En consecuencia, a nivel territorial sigue la ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo,⁶ por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

- 1º de Bachillerato: en el primer curso de Bachillerato, la asignatura de Física y Química es muy amplia, pero el concepto de ácido-base no se menciona específicamente en ningún momento. Podemos suponer que algunos contenidos que menciona la ley pueden estar relacionados con el tema de ácido-base, pero esto sería algo subjetivo y que dependería del docente. Los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje aparecen especificados en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Física y Química en el curso de 1º de Bachillerato. ⁶

Bloque 3. Reacciones químicas.		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Tipos de reacciones químicas más frecuentes	1. Formular y nombrar correctamente las sustancias que intervienen en una reacción química dada y ajustar la reacción. 3. Identificar las reacciones químicas implicadas en la obtención de diferentes compuestos inorgánicos relacionados con procesos industriales.	1.1. Escribe y ajusta ecuaciones químicas sencillas de distinto tipo (neutralización, oxidación, síntesis) y de interés bioquímico o industrial.

- 2º de Bachillerato: en la asignatura de Química se trata por primera vez el tema de ácido-base una manera cuantitativa y no meramente teórica y/o cualitativa como en cursos inferiores. Se explica por primera vez como calcular de manera cuantitativa la fortaleza de un ácido/base. Se recogen los contenidos en la Tabla 3.

Tabla 3: Resumen de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Química en el curso de 2º de Bachillerato.⁶

Bloque 3. Reacciones químicas.		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Equilibrio ácido-base. Concepto de ácido-base. Propiedades generales de ácidos y bases. Teoría de Arrhenius. Teoría de Brönsted-Lowry. Teoría de Lewis. Fuerza relativa de los ácidos y bases, grado de ionización. Constante ácida y constante básica. Equilibrio iónico del agua. Concepto de pH. Importancia del pH a nivel biológico. Volumetrías de neutralización ácido-base. Procedimiento y cálculos. Gráficas en una valoración. Sustancias indicadoras. Determinación del punto de equivalencia. Reacción de hidrólisis. Estudio cualitativo de	11. Aplicar la teoría de Brönsted para reconocer las sustancias que pueden actuar como ácidos o bases. 12. Determinar el valor del pH de distintos tipos de ácidos y bases y relacionarlo con las constantes ácida y básica y con el grado de disociación. 13. Explicar las reacciones ácido base y la importancia de alguna de ellas, así como sus aplicaciones prácticas. 14. Justificar el pH resultante en la hidrólisis de una sal. 15. Utilizar los cálculos estequiométricos necesarios para llevar a cabo una reacción de neutralización o	11.1. Justifica el comportamiento ácido o básico de un compuesto aplicando la teoría de Brönsted-Lowry de los pares de ácido-base conjugados. 12.1 Identifica el carácter ácido, básico o neutro y la fortaleza ácido-base de distintas disoluciones según el tipo de compuesto disuelto en ellas determinando el valor de pH de las mismas. 13.1. Describe el procedimiento para realizar una volumetría ácido-base de una disolución de concentración desconocida, realizando los cálculos necesarios. 14.1. Predice el comportamiento ácido-base de una sal disuelta

<p>la hidrólisis de sales: casos posibles. Estudio cualitativo de las disoluciones reguladoras de pH. Ácidos y bases relevantes a nivel industrial y de consumo. Problemas medioambientales. La lluvia ácida.</p>	<p>volumetría ácido base. 16. Conocer las distintas aplicaciones de los ácidos y bases en la vida cotidiana tales como productos de limpieza, cosmética, etc.</p>	<p>en agua aplicando el concepto de hidrólisis, escribiendo los procesos intermedios y equilibrios que tienen lugar. 15.1. Determina la concentración de un ácido o base valorándola con otra de concentración conocida estableciendo el punto de equivalencia de la neutralización mediante el empleo de indicadores ácido-base. 16.1. Reconocer la acción de algunos productos de uso cotidiano como consecuencia de su comportamiento químico ácido-base</p>
---	---	---

Analizando los currículos implantados en otras Comunidades autónomas cercanas (Madrid, La Rioja, Galicia) se observa que los contenidos, estándares de aprendizajes y criterios de evaluación relacionados con ácido-base son exactamente iguales y se imparten en los mismos cursos de la ESO y Bachillerato (4º y 2º respectivamente).^{7 8 9}

10 11

Si nos fijamos ahora en la ley LOCE,¹² como la predecesora de la unificación de los contenidos curriculares a nivel estatal para garantizar una formación común a todos los alumnos dentro del sistema educativo español y la igual validez de los títulos correspondientes, podemos apreciar que el concepto de ácido-base se ha tratado siempre desde los inicios; sin embargo, siempre en la asignatura optativa de Química, pero nunca en la asignatura obligatoria de Física y Química. Esto conllevará ciertas

faltas de conocimiento en estudios superiores para aquellos alumnos que no escojan la asignatura exclusiva de Química.

Además, cabe destacar que en el año 2020 ha entrado en vigor la Ley Orgánica 3/2020,¹³ de 29 de diciembre (LOMLOE) que deroga la Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo, de educación (LOE).⁴ En cambio para este curso escolar la LOMLOE solo se aplica para la evaluación de los alumnos.

Esta nueva ley apuesta por la eliminación de los estándares de aprendizaje y añade unas competencias específicas y saberes básicos por cada asignatura. A priori, los contenidos publicados a nivel estatal mantienen los contenidos de ácido-base igual que la ley anterior. Sin embargo, los contenidos curriculares en Castilla y León de esta nueva ley educativa todavía no han salido a la luz y, por tanto, no se puede mostrar si hay alguna pequeña modificación curricular sobre el concepto de ácido-base que atañe a este Trabajo de Fin de Máster.

DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA DE ÁCIDO-BASE

Uno de los temas más importantes de la Química es el de las reacciones ácido-base. Estas reacciones aparecen a diario en nuestra vida cotidiana y, por tanto, el concepto de ácido-base es de vital importancia para cualquiera de nuestros alumnos. Sin embargo, año tras año, se comprueba que los estudiantes tienen dificultades en los procesos de neutralización e hidrólisis, debido, entre otras razones, a deficiencias epistemológicas y metodológicas que presentan normalmente en sus cimientos de conocimiento científico.

Varios autores, que se van a mencionar a continuación, han destacado las principales dificultades encontradas en la enseñanza del concepto de ácido-base.

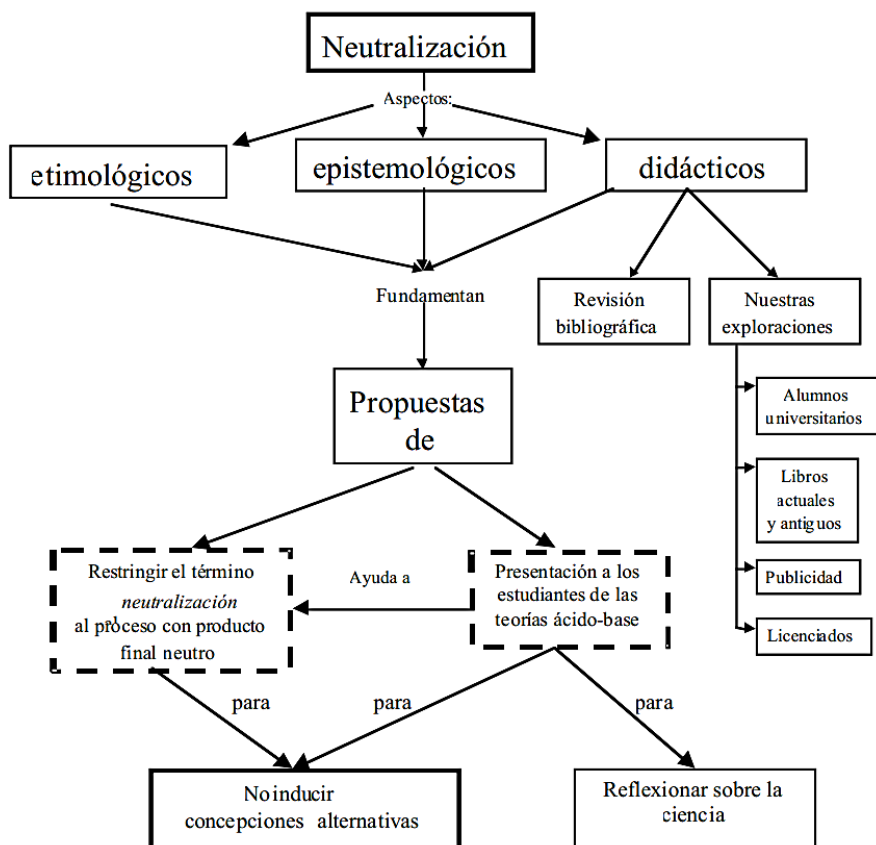
Jiménez y Manuel (2002)¹⁴ recogen que el término de neutralización puede tener distintos significados según nos situemos en un contexto físico, químico o cotidiano.

En el contexto cotidiano la palabra neutralización significa que algo es neutro y, por tanto, el pH sería 7. Por otro lado, la física trata la neutralización como una reacción exotérmica en la que se forman moléculas de agua. Mientras que la química recoge diferentes significados dependiendo del autor que la mencione, pudiendo destacar la neutralización como proceso de formación de una sal.

Los autores mediante esta investigación pretenden estudiar los aspectos etimológicos, epistemológicos y didácticos de la neutralización ácido-base para fundamentar unas propuestas de enseñanza que faciliten el aprendizaje de este concepto y evite la confusión con otras concepciones alternativas. Además, el artículo hace diversas investigaciones sobre el concepto de neutralización entre alumnos universitarios, entre profesores de educación secundaria y entre libros actuales y de comienzos del siglo XX. En conclusión, los docentes tienen libertad para utilizar un correcto uso de la palabra neutralización dentro del aula, de esta manera pueden inducir y reforzar las concepciones correctas de esta palabra. Además, en medida de lo posible el lenguaje científico debe ir acorde con la etimología de la palabra, ya que muchas veces la

ciencia recoge términos vulgares y les atribuye significados diferentes. Asimismo, estos autores pretenden que se opte por aproximar el significado etimológico al científico, de forma que la palabra “neutralización” no se utilice exclusivamente para los procesos que conducen a un resultado final neutro. En la Figura 1 se esquematiza esta propuesta.

Figura 1: Resumen-organigrama de la secuencia del artículo escrito por Jiménez y Manuel (2002).



Furió y Bárcenas (2000)¹⁵ hacen diversas investigaciones sobre el aprendizaje de las reacciones ácido-base en los estudiantes. Ellos destacan que los estudiantes confunden el proceso de hidrólisis de las sales con la neutralización o con una disolución iónica. Mencionan también que los profesores no enfatizan suficientemente sobre el perfil macroscópico de los conceptos mencionados anteriormente. Por ejemplo, si a los alumnos no se les explica la hidrólisis como proceso por el cual al disolver una sal neutra en agua se produce un cambio de pH, los alumnos no serán

capaces de imaginar este proceso, lo cual será desfavorable para un aprendizaje completo.

Además, los alumnos normalmente tienen una confusión de conceptos: por un lado, con el concepto de neutralización según lo explica Arrhenius (una sustancia ácida más una básica forman sal más agua) y por otro con el concepto general según plantea Brønsted, donde la reacción ácido-base se define como transferencia de protones. En resumen, los problemas con estos conceptos se deben a la mala explicación por parte de los libros de texto/profesores, en los cuales no ponen énfasis en la presentación macroscópica de lo que es un ácido, una base o una hidrólisis y que, además, superponen los niveles macroscópicos y microscópicos en la enseñanza de la neutralización.

Tras los resultados obtenidos, estos autores concluyen que los profesores tienen una visión distorsionada sobre la naturaleza de la ciencia y sobre cómo aprenden los estudiantes. Estas visiones distorsionadas de la ciencia pueden constituir un serio obstáculo en la renovación de la enseñanza, de ahí que los profesores deben plantearse la necesidad de adoptar un método de enseñanza que facilite el aprendizaje de estos conceptos científicos. Para acabar, los autores mencionan que la solución hipotética a este problema sería el diseño y el desarrollo de estrategias de enseñanza/aprendizaje por investigación dirigida.

Alvarado-Zamorano y Cañada (2013)¹⁶ hablan sobre la problemática con el aprendizaje del ácido-base en México. Además, abordan recomendaciones para los docentes para promover la comprensión del contenido por parte de los alumnos. Algunos de los problemas que han detectado tras diversos estudios son: optar por un aprendizaje memorístico en conceptos como el pH, dificultad en la comprensión de la relación inversa entre pH y grado de acidez o basicidad y no aceptar que el agua momentáneamente se autoioniza. Para minimizar algunas de las dificultades que se han citado, los profesores recomiendan promover que los estudiantes distingan entre los diferentes modelos y la realidad, que aprendan a cambiar la referencia desde el mundo macroscópico a las representaciones simbólica y submicroscópica; y que se convenzan a sí mismos de que la acidez no es una propiedad intrínseca de la materia,

si no que el comportamiento de un ácido/base es relativo según el tipo de sustancia. Además, los profesores deben centrar su atención en ejemplos cotidianos relacionados con ácidos y bases, dar la misma importancia a los ácidos que a las bases, usar productos de limpieza para realizar prácticas experimentales con los alumnos y favorecer la resolución y argumentación de problemas reales en el aula.

Drechsler y Schmidt (2005)¹⁷ tienen como objetivo el estudio de la enseñanza del ácido-base en Suecia. En su investigación evalúan los diferentes libros de texto que más se utilizan en el país y entrevistan a diversos profesores sobre como enseñan los diferentes modelos para explicar las reacciones ácido-base. Los profesores entrevistados presentaban una deficiencia en la comprensión de las diferencias de estos modelos, lo cual conlleva a que no sean capaces de transmitir de manera correcta estos conocimientos a sus alumnos. Además, en los libros de texto analizados se observa que trabajan en paralelo diversos modelos sin llegar a especificar con cual están trabajando o simplemente describen la neutralización como una manera de formar sales. La problemática con todo esto es que los docentes no tienen un buen criterio a la hora de escoger o utilizar un libro en sus clases, lo cual conlleva a perjudicar el aprendizaje de los estudiantes en estos conceptos de la química.

ENSEÑANZA DE ÁCIDO-BASE EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Una vez se ha hablado de la problemática en la enseñanza del concepto de ácido-base, se va a abordar su enseñanza según diversas metodologías propuestas por varios autores. Asimismo, se tratará el enfoque metodológico de los libros de texto, herramienta muy utilizada por los docentes para impartir las lecciones. La enseñanza de ácido-base en la etapa de secundaria y Bachillerato se centra exclusivamente en el curso de 4º de la ESO y 2º de Bachillerato. Por tanto, las metodologías utilizadas y las perspectivas de los libros de texto se centran en ambos cursos.

○ METODOLOGÍAS UTILIZADAS

En general, el proceso de enseñanza-aprendizaje de los conceptos ácido base se han abordado desde diversos ámbitos. Los autores que se mencionarán a continuación tratarán el concepto de ácido-base desde el ámbito conceptual, metodológico y/o actitudinal.

González García (1992)¹⁸ propone la aplicación de metodologías activas para favorecer la actitud positiva hacia las ciencias y por supuesto, hacia el aprendizaje de conceptos científicos. Su metodología activa consiste en la realización de mapas conceptuales como instrumento para la mejora de procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Estos mapas conceptuales están basados en la teoría de aprendizaje de Ausubel-Novak (1978) y fueron diseñados por Novak (1975).

La teoría de aprendizaje de Ausubel y Novak¹⁹ recoge que “el aprendizaje es un proceso de construcción individual y personal, que consiste en relacionar los nuevos aprendizajes con ideas previas. Así, la esencia del aprendizaje significativo reside en el hecho de que las ideas están relacionadas simbólicamente y de manera no arbitraria con lo que el alumnado ya sabe”. Por tanto, se pretende que el alumno aprenda de forma coherente cierta información para que la extrapole a una situación de su vida cotidiana.

Caicedo Prado (2009)²⁰ elabora una investigación de tipo cualitativo en el que por medio del aprendizaje colaborativo mediado utiliza las TICs como estrategia didáctica para la enseñanza del equilibrio químico ácido-base. La autora presenta un blog donde el estudiante encuentra una serie de preguntas y un listado de direcciones que les permite buscar las respuestas. Las respuestas a esas cuestiones no aparecen directamente en esas páginas web y es por ello por lo que los alumnos trabajando en equipo llegarán a la información que se les pide a la vez que desarrollan diversas competencias y aprenden los conceptos ácido-base. Por tanto, la figura del docente deja de verse como una persona que transmite conocimientos unidireccionalmente para convertirse en un guía o un dinamizador en el aprendizaje de los estudiantes.

Sara Zafra (2001)²¹ diseña y aplica una estrategia pedagógica y didáctica basada en el aprendizaje total sobre los conceptos ácido-base. El aprendizaje total pretende crear una única unidad aplicada que junte el ámbito conceptual, metodológico, actitudinal y axiológico. La unidad didáctica para alumnos de 15-16 años que cursan el décimo curso en la ciudad de Bogotá comienza mediante la realización de un mapa conceptual relacionando conceptos como equilibrio de Arrhenius, ácido, ion, pH etc. y se relacionan jerárquicamente. En un segundo mapa conceptual se involucran conceptos como reacción, amoníaco, neutralización, teorías de Lewis o Brönsted-Lowry. En ambos mapas conceptuales los alumnos pusieron en común sus respuestas y llegaron a transformar sus conceptos ácido-base, a través de la metodología utilizada, al cambiar su actitud y ser conscientes de la importancia de comprometerse en este aprendizaje. Además, el autor aplicó la prueba tipo Likert, la cual permitió detectar la situación inicial y final de los estudiantes. En resumen, esta investigación concluye que mediante esta estrategia de aprendizaje los alumnos consiguieron transformar las representaciones iniciales que tenían sobre los conceptos de ácido base.

Meléndez y Castro (2015)²² diseñan una secuencia didáctica basada en el modelo de Sánchez y Valcárcel (1993),²³ que sirva de apoyo para el aprendizaje significativo de los conceptos ácido y base en la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Al alumno se le debe permitir identificar a través de sus propiedades macroscópicas si son sustancias ácidas o básicas. La metodología de esta unidad didáctica se basa en la experimentación, para resaltar la importancia del aprendizaje por experimentación debido a que los

contenidos de los cursos de química en niveles inferiores no deben presentarse con un énfasis teórico y abstracto, pues ello provocaría la animadversión en los estudiantes. La secuenciación de las actividades que proponen es la siguiente:

- 1º) **Evaluación diagnóstica**. Para conocer las ideas que tienen los estudiantes del tema “ácido-base”.
- 2º) **Actividad 1**. *Presentación del tema. ¿Qué interés puede tener el estudio de los ácidos y las bases y en qué podría consistir el estudio que vamos a hacer?* Con esta actividad se pretende despertar interés en el alumnado con relación al tema a tratar. Las razones de interés de este estudio se deben a qué propiedades tienen los ácidos y las bases.
- 3º) **Actividad 2**. *Actividad experimental*. Propiedades físicas de los ácidos y las bases, conocer el comportamiento de los materiales que solemos llamar ácido o bases. El conocimiento de estas propiedades nos va a permitir tener indicios racionales para poder identificarlas y clasificarlas.
- 4º) **Actividad 3**. *Actividad experimental*. Diferenciar un ácido de una base, según el cambio de color frente a indicadores ácido-base.
- 5º) **Actividad 4**. *Actividad experimental*. Preparación de un indicador ácido-base a partir de vegetales para que reconozcan la presencia de los ácidos y las bases de una manera más segura.
- 6º) **Actividad 5**. *Actividad de investigación*. Diseñar y realizar una serie de experimentos para ver los colores que tiene cada indicador en medio ácido y básico.
- 7º) **Actividad 6**. *Actividad experimental*. *¿Qué sucede cuando los metales se introducen en los ácidos? ¿Y en las bases?* Para que los alumnos anoten la acción corrosiva de ácidos y bases sobre metales, sus óxidos y sales como carbonatos.
- 8º) **Actividad 7**. **Lectura de comprensión**. Una vez que el alumno ha identificado las características de las sustancias ácidas y básicas por medio de experimentos, se llevará a cabo una exposición sobre dicho tema.

9º) Actividad 8. Neutralización. ¿Cómo hacer una sal? Se plantea a los alumnos qué puede ocurrir cuando tratamos de combinar los ácidos y las bases entre sí.

Salcedo y García (1995)²⁴ como solución a las dificultades presentadas por la didáctica tradicional basada en la transmisión de contenidos, proponen una estrategia didáctica basada en el modelo de aprendizaje por investigación para alumnos de unos 16-17 años que pertenecen al curso undécimo en Colombia. Mediante este modelo los autores pretenden construir actitudes positivas y motivadoras hacia las ciencias e incrementar las capacidades de análisis y síntesis. Estos autores contemplan esta estrategia didáctica en cuatro fases: planificación, evaluación, transición y ejecución.

La estrategia didáctica que concretan estos autores se basa en una secuencia estructurada de situaciones problemáticas enmarcadas dentro del estudio de suelos, lo cual está relacionado con la teoría ácido-base. En ella se incluyen, en primer lugar, reflexiones que conducen a evidenciar y aclarar los conocimientos teóricos que poseen los alumnos acerca de la naturaleza eléctrica de la materia y algunos fenómenos cotidianos relacionados con la producción de electricidad. En segundo lugar, se establece una diferenciación entre los procesos de conducción eléctrica y conducción electroquímica y los conceptos ácido-base. Una vez reconstruidas, confrontadas y aclaradas las concepciones de los alumnos con respecto a las temáticas ya señaladas, se procede a la articulación del concepto de pH y los fenómenos ácido-base al estudio del suelo como fenómeno natural. Esta parte del proceso se desarrolla a través de preguntas a manera de problemas teórico-descriptivos en donde los alumnos evidencian, confrontan y aclaran sus concepciones acerca de la naturaleza y composición del suelo.

Luego de este ciclo de problemas, se inicia un ciclo de carácter práctico en el cual los alumnos diseñan procesos experimentales para resolver problemas ligados a las relaciones que se encuentran entre la composición del suelo y las características de pH que presentan. Después, de la fase de planificación de la propuesta, de la transición de los alumnos en el aprendizaje de la ejecución de los problemas y de la parte experimental se procederá a evaluar la eficacia de las variables que se someten a

estudio: los conocimientos sobre conceptos de ácido-base, el desarrollo de las capacidades cognitivas de síntesis y análisis, y por último, las actitudes positivas y/o motivadoras hacia las ciencias.

En conclusión, el análisis de los resultados permite a los autores conocer que el uso de los sistemas naturales como punto de partida para crear proyectos de investigación evidencia un cambio positivo en las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias.

Por último, se incluye en la Tabla 4 un resumen sobre las metodologías abordadas y los cursos en los que han sido aplicadas.

Tabla 4: Resumen sobre las metodologías abordadas y los cursos en los que se aplican.

<u>AUTORES</u>	<u>METODOLOGÍAS</u>	<u>CURSOS</u>
González García (1992) ¹⁸	Metodología activa. Mapas conceptuales	Cualquier curso
Caicedo Prado (2009) ²⁰	Aprendizaje colaborativo mediante TICs	2º de Bachillerato
Sara Zafra (2001) ²¹	Elaboración de mapas conceptuales	4º de la ESO
Meléndez y Castro (2015) ²²	Aprendizaje por experimentación	4º de la ESO
Salcedo y García (1995) ²⁴	Aprendizaje por investigación a través de situaciones reales	2º de Bachillerato

○ PERSPECTIVA DE LOS LIBROS DE TEXTO

Los libros de texto suelen el ser el recurso material al que suelen acudir muchos docentes. Sin embargo, no todos los libros son iguales o tratan el ácido-base de igual manera; es por ello que muchos docentes deciden utilizar sus propios esquemas y resúmenes para explicar estos complejos conceptos para evitar los conceptos erróneos que muchas veces son aprendidos por los estudiantes.

En este trabajo, se van a analizar diferentes libros de texto para los cursos 4º de la ESO y 2º de Bachillerato, cursos en los que se menciona el concepto de ácido-base en el currículo. Además, se complementará con unos apuntes cedidos por una profesora que imparte clase en el curso de 2º de Bachillerato con ellos.

Estos libros de texto escogidos corresponden con la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de Diciembre,⁵ para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE). Ley que está vigente actualmente en 4º de la ESO y 2º de Bachillerato en el curso 2021/2022.

Cabe añadir que se han escogido libros de diferentes editoriales para poder hacer una mayor comparación entre las maneras de explicar los conceptos que estamos estudiando en este Trabajo de Fin de Máster. Los libros que se van a examinar se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5: Listado de libros analizados para diversos cursos escolares.

<i>Curso 4º de la ESO "Física y Química"</i>			
<i>Código</i>	<i>Editorial</i>	<i>Año</i>	<i>Autores</i>
Libro 1	Edebé	2016	Antonio Garrido Esteban Lorenzo José Estela Santiago Centelles Juan López
Libro 2	Anaya	2017	Jorge A. Pimenta María Ferrond Javier Serrano Pablo Vázquez Coral Muñoz Mercedes Pérez

Libro 3	McGraw Hill	2020	Enrique Andrés Francisco Larrondo Francisco Martínez Sergi Bolea
<i>Curso 2º de Bachillerato "Química"</i>			
Libro 4	Santillana	2016	Cristina Guardia Ana I. Menéndez José M. Prada Beatriz Simón Raúl Carreras David Sánchez Antonio Brandi
Libro 5	Paraninfo	2016	Gabino A. Carriedo José M. Fernández Manuel J. García
Libro 6	Anaya	2016	Enrique Sánchez Margarita Marcos Isabel Gallego Julio Vázquez M ^a Carmen Fuente
Libro 7	Editex	2020	Dulce María Andrés Cabrerizo

Todos los libros que se han analizado para el curso de 4º de la ESO (libro 1, 2 y 3) siguen la misma secuenciación en este tema. Primero hacen referencia a la neutralización, luego hablan de la escala de pH, después de los indicadores y por último de las volumetrías. Sin embargo, solo en el [libro 3](#) y en el [libro 2](#) se habla de la teoría de Arrhenius mientras que en el [libro 1](#) ni se menciona. Aquellos alumnos que utilicen el [libro 1](#) y que su profesor se rija exclusivamente por él, no tendrán la base de la teoría de Arrhenius para otros cursos y llegarán a un segundo de Bachillerato en donde deberán aprender todas las teorías relacionadas para las reacciones de ácido-base a la vez y muchas veces no serán capaces de asimilar los conceptos correctamente.

El concepto de neutralización en todos los libros analizados se define como la reacción en una disolución acuosa en la que una sustancia llamada ácido cede protones a otra sustancia denominada base. A continuación, se menciona que la neutralización se origina por la mezcla de un ácido fuerte con una base fuerte para dar una sal neutra y agua. En resumen, se les enseña a los alumnos que una neutralización significa $\text{pH}=7$ y

que no hay más opciones de neutralización. Que este concepto tan básico y que tanta problemática da a los alumnos, como ya se mencionó en el apartado anterior,¹⁴ se descuide de esta manera en un libro de texto es preocupante para el aprendizaje de nuestros alumnos.

Como podemos observar, la diversidad en los conceptos básicos hace que muchos libros no se adecuen a una metodología que permita que el alumno aprenda ácido-base de una manera satisfactoria. Muchos alumnos estarán a la merced del libro que les haya tocado estudiar y por tanto muchas veces mezclarán conceptos o aprenderán ideas que no son las adecuadas para su futuro aprendizaje en el ámbito de las ciencias.

Una vez que se ha hablado sobre los libros que cimientan las bases del conocimiento y aprendizaje del concepto ácido-base se va a hablar de los libros pertenecientes al curso de 2º de Bachillerato para la asignatura de Química (libro 4, 5, 6 y 7).

En el curso de 2º de Bachillerato se deben tratar los contenidos establecidos por la Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo,⁶ estos son: Equilibrio ácido-base. Concepto de ácido-base. Propiedades generales de ácidos y bases. Teoría de Arrhenius. Teoría de Brønsted-Lowry.

En todos los libros que se han analizado se ha comprobado que esta unidad didáctica dedicada a las reacciones ácido-base se imparte siempre a continuación de la unidad didáctica sobre el equilibrio químico, lo cual, facilita el aprendizaje de los alumnos sobre este concepto viéndolo como una particularidad de este. Por tanto, si han entendido la unidad didáctica anterior ahora solo tendrán que incorporar conocimientos sobre ácido-base, pero las bases del equilibrio ya estarán asentadas.

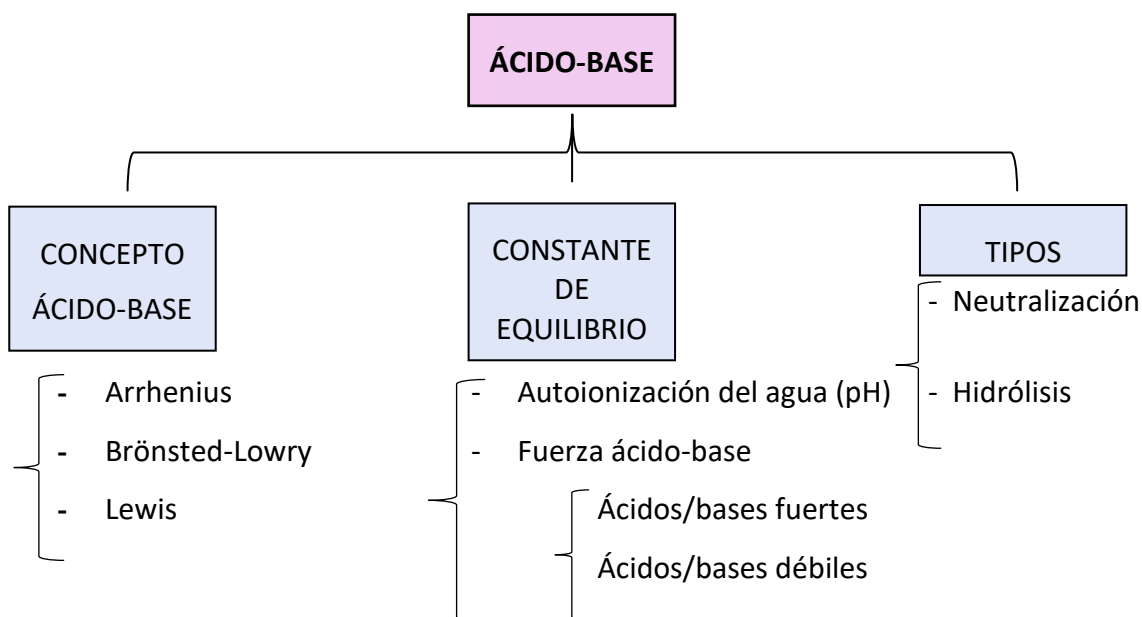
Los libros analizados para el curso de 2º de Bachillerato siguen el mismo esquema: primero se habla de las diferentes teorías a lo largo del tiempo, después se habla de los ácidos/bases fuertes y en consecuencia del grado de disociación. A continuación, se habla del pH y de cómo calcularlo, y por último de la hidrólisis, las disoluciones reguladoras y las volumetrías. Aparte de esto, el [libro 6](#) hace una tabla sobre la neutralización entre ácido fuerte con base fuerte o ácido débil con base fuerte, etc. Y una sobre la hidrólisis entre sustancias fuertes y débiles y su pH resultante. Estas

recopilaciones visuales y esquemáticas pueden ayudar a los alumnos a que observen qué aniones y/o pH quedan presentes en una disolución cuando se mezclan dos sustancias.

Por el contrario, en el [libro 5](#) no aparece ninguna tabla resumen que ayude a entender estos conceptos de una manera menos abstracta.

El resto de los libros analizados ([libro 4](#) y [libro 7](#)) no tienen ninguna tabla resumen sobre estos conceptos, pero se explican en diversos apartados de una manera más desarrollada como ocurre en todos los libros. Como conclusión podemos observar que ningún libro de texto analizado comete ningún error conceptual que dañe el aprendizaje de los alumnos significativamente, sin embargo, la atención que presentan unos libros sobre otros en la manera de facilitar el aprendizaje es bastante notable y esto conlleva a que muchos alumnos no acaben de comprender ciertos conceptos o ideas que serán la base para realizar problemas más complejos que necesiten un pensamiento más alejado de la realidad.

Como se ha mencionado al inicio del apartado quiero analizar también los apuntes que me ha facilitado mi tutora del Prácticum de este Máster como una herramienta más para impartir la docencia de esta unidad didáctica relativa al equilibrio ácido-base, ya que me parecen que siguen un orden apropiado y que se trabajan los conceptos de una manera correcta ayudando al aprendizaje del alumnado. Distinguen perfectamente la neutralización de la hidrólisis, ya que se explican las posibles neutralizaciones y todas las reacciones de hidrólisis. Además, se explican las distintas teorías (Arrhenius, Brønsted-Lowry y Lewis) describiendo que es un ácido/base, la neutralización y las limitaciones para cada una. La secuenciación de los contenidos se observa en el Esquema 1.

Esquema 1: Contenidos sobre el tema ácido-base para el curso 2º de Bachillerato.

En conclusión, desde mi punto de vista no hay ningún libro de texto ideal que abarque todo lo necesario para que un alumno aprenda los conceptos ácido-base de una manera significativa. Sin embargo, el [libro 2](#) para el curso de 4º de la ESO podría ser una opción para impartir las clases con alguna nota aclaratoria o dar ciertos apuntes sobre los conceptos de la neutralización (no siempre conduce a $\text{pH}=7$) y la realización de ciertas experiencias que ayuden a la comprensión de estos conceptos.

Con respecto al curso de 2º de Bachillerato el [libro 4](#), [libro 6](#) y [libro 7](#) no serían una mala opción, su elección dependería del gusto del docente y por los esquemas, resúmenes o ejemplos propuestos. Sin embargo, al igual que pasa en el curso inferior de 4º de la ESO no hay ningún libro ideal con el que se pueda trabajar. En todos ellos habría que añadir o destacar ciertos conceptos sobre hidrólisis o neutralización para que quedaran más claros a los alumnos. Porque, en conclusión, los libros son bastante extensos y no explican los conceptos de una manera clara y directa, lo cual beneficiaría a los estudiantes a la hora del aprendizaje. Por tanto, la mejor opción sería dar a los alumnos unos apuntes creados por el profesor con los contenidos y esquemas apropiados para el aprendizaje de los estudiantes.

PROBLEMÁTICA DEL ALUMNADO CON EL CONCEPTO DE ÁCIDO-BASE

Una vez que se ha hablado de la enseñanza del ácido-base y de qué dificultades se presentan a la hora de enseñar este concepto, se va a hablar sobre la problemática que tienen los alumnos al aprender las reacciones ácido-base.

Los estudiantes tienen un concepto de la Química que muchas veces es erróneo. Ven la Química como una asignatura fácil con respecto a la Física o las Matemáticas, ya que no hay dificultad matemática en la resolución de los problemas. Además, tienen la teoría de que la química es algo que vemos con nuestros ojos y que simplemente es mezclar “cosas”, mientras que la física es algo abstracto que no entienden. Cuando comienzan a subir de curso en el instituto se van dando cuenta de que ciertas partes de la química ya no son tan simples y que requieren cierta abstracción como es en el caso de los gases en 1º de Bachillerato. En el momento en el que llegan a 2º de Bachillerato en la asignatura de Química se comienzan a ver conceptos cada vez más abstractos como el equilibrio químico que no son capaces de ver con sus propios ojos y que además es algo que parece muy simple, ya que no requiere muchas matemáticas. En este momento comienzan a darse cuenta de que la química no era como se esperaban y de que es una materia muy abstracta, la cual siempre se trabaja a niveles microscópicos: moléculas, átomos etc. Además, el equilibrio químico es sin lugar a duda el concepto más abstracto y difícil para los alumnos de toda la asignatura de química de 2º de Bachillerato y por consiguiente el equilibrio ácido-base, concepto que atañe a este Trabajo de Fin de Máster.

A lo largo de toda mi experiencia como alumna en prácticas he podido entrevistar y observar a alumnos de 4º de la ESO y de 2º de Bachillerato del Instituto Julián Marías de Valladolid.

En el curso de 4º de la ESO simplemente pude entrevistar sobre los conceptos de ácido-base que ya habían visto en el trimestre anterior. En cambio, en el curso de 2º de Bachillerato he podido estar presente en toda la Unidad Didáctica “Reacciones ácido-base”. Es por ello, que he podido ir observando las dudas que iban surgiendo,

realizar ciertas preguntas y evaluar los problemas conceptuales que tienen al realizar un examen.

○ ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE ÁCIDO-BASE EN 4º ESO

Haciendo un breve análisis sobre los alumnos de 4º de la ESO y su aprendizaje del concepto ácido, base, fuerte, débil o neutralización, quiero destacar que el tema de ácido-base se había explicado en esta clase hacía algunos meses y que muchos alumnos de la clase tenían la asignatura de laboratorio en la que se trabajan conceptos ácido-base de manera experimental y sin embargo la mayoría de los alumnos no se acordaban de casi ningún concepto, simplemente les sonaba el nombre, sabían que lo habían estudiado, pero no eran capaces meses después de explicarlo. En conclusión, habían adquirido un aprendizaje memorístico sobre el tema y por ello no recordaban nada.

Las preguntas que se lanzaron a los alumnos de este curso con sus posteriores respuestas son:

- *¿Qué es un ácido?* Los alumnos indicaron que mediante un indicador como el papel de pH podíamos saber si una sustancia era ácida porque tenía pH bajos. En ningún momento los alumnos mencionaron nada sobre que un ácido tiene protones como menciona la teoría de Arrhenius que se debe de impartir en ese curso.
- *¿Sabéis diferenciar un ácido fuerte y uno débil?* No saben la diferencia entre un ácido fuerte y uno débil, algunos dijeron que si era porque reaccionaba más fuerte o hacía más daño, es decir desgastaba más un material. En cierto modo, los alumnos tienen una idea empírica para distinguirlos, aunque no se den cuenta de que a veces la reacción depende del material al que se está atacando.

- *¿Cómo diferenciarías un ácido de una base?* Aquí todos los alumnos coincidían en que se podía saber con un papel de pH y al igual que en la pregunta anterior ninguna mencionó la presencia de protones o hidróxidos. Por tanto, a nivel de laboratorio si sabrían diferenciarlo, pero sin embargo, a la hora de adjudicar la propiedad ácido-base a una fórmula no sabrían diferenciarlo.
- *¿Podrías ponerme un ejemplo cotidiano de un ácido? ¿Y de una base?* Con respecto a ejemplos cotidianos de un ácido sabían muchos, el vinagre, el limón etc. Sin embargo, de una base simplemente sabían que el jabón era básico porque lo habían hecho en la asignatura de laboratorio. Pero no eran capaces de decir más ejemplos. Esto no lleva a plantear que cuando se explica o se ejemplifica algo sobre ácidos y bases siempre se enfatiza y se le da más importancia a los ácidos, como ya mencionó anteriormente Alvarado-Zamorano y Cañada¹⁶.
- *¿Qué es una neutralización?* En esta pregunta los alumnos respondieron inmediatamente que cuando algo era neutro. Y unos minutos después un alumno añadió que le sonaba algo del estilo a que daba una sal y a continuación otro alumno añadió que era cuando se mezclaba un ácido y una base. Con esta respuesta podemos volver a destacar la importancia de usar bien el término de neutralización como menciona Jiménez y Manuel¹⁴ y recalcar a los alumnos que esta palabra es un “falso amigo”.

Una vez que los alumnos han respondido a estas preguntas sobre el tema ácido-base podemos corroborar lo que muchos autores mencionaban sobre las dificultades en el aprendizaje de este concepto. Jiménez y Manuel¹⁴ mencionaban que los alumnos tenían problemas sobre el concepto de neutralización, lo cual a día de hoy sigue pasando sin lugar a dudas. Además, la problemática que remarcaba Drechsler y Schmidt¹⁷ sobre los docentes y los libros de texto sigue siendo un impedimento a la hora de explicar el concepto de neutralización de manera correcta.

○ ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS EN 2º BACHILLERATO

En el curso de 2º de Bachillerato fueron dos clases las que fueron entrevistadas y observadas durante todo el desarrollo de la Unidad Didáctica y posteriormente evaluadas. En este caso las preguntas sobre estos conceptos fueron realizadas al inicio de la unidad, para comprobar cuáles eran los conocimientos de los que se acordaban sobre el tema ácido-base. Cabe destacar que estos alumnos en el curso de 4º de la ESO estuvieron en casa por el estado de alarma y, por tanto, muchas experimentaciones que se realizaban en ese curso o ciertos temas que se impartían no se pudieron enseñar ni aprender de la mejor manera.

Las preguntas que se hicieron fueron las siguientes:

- *¿Cómo sabes si una sustancia es ácida?* Al igual que en otro curso los alumnos dijeron que a través del pH, pero en este caso además añadieron lo de que un ácido tiene protones.
- *¿Cómo sé si es un ácido fuerte? ¿Ejemplo de ácidos fuertes?* Su respuesta fue que para saber si un ácido es fuerte nos debemos fijar en la concentración, dependiendo de la concentración es más fuerte o no. Además, de saber que si el pH es muy bajo quiere decir que es muy fuerte. Como se observa tras sus respuestas tienen algo más claro la diferencia entre fuerte y débil; aun así ninguno de ellos habló de constante de acidez, aunque ya habían dado el equilibrio y sabían lo que era una constante.
- *¿Qué ácidos fuertes conoces?* Sabían que el ácido sulfúrico era muy fuerte porque era peligroso y corrosivo, el HCl y el HNO₃. La mayoría de los alumnos sabían estos por el laboratorio y por escuchar que eran peligrosos y debían tener cuidado.

- *¿Qué pasa si mezclo un ácido y una base?* Todos dijeron que una sal neutra y agua. Tienen muy interiorizado que ácido más base da sal más agua y que además es neutro. Estos conceptos son algo que debemos ser capaces de ir cambiando poco a poco como docentes para facilitar que cuando lleguen a este curso entiendan que hay neutralizaciones que no dan pH neutro y no les parezca un concepto extraño.
- *¿Sabes lo que es una neutralización?* Los alumnos mencionaron que era el nombre de la reacción anterior. Salvo un alumno que en la ESO no estuvo en ese centro y a él si le dio tiempo a que le explicaran una volumetría, los demás no sabían que una volumetría era una neutralización porque durante el periodo de confinamiento por el Covid-19 no pudieron realizar las prácticas de laboratorio previstas.
- *¿Cómo calcularías el pH?* Algunos sabían que el pH se calculaba a través de una fórmula con la concentración de protones, ya que daban la asignatura de Biología y ya lo habían visto. Sin embargo, los alumnos que no cursaban esa asignatura no tenían ni idea de cómo se calculaba numéricamente, porque todos conocían que podíamos calcularlo con un papel indicador de pH.
- *¿Sabes lo que es una hidrólisis?* Ninguno de los alumnos de ninguna clase sabía lo que era.

○ ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN 2º BACHILLERATO

Por último, se ha querido evaluar los conocimientos que se han aprendido, si son correctos, si presentan alguna dificultad o si fallan repetidamente en el mismo concepto. Se ha tomado de muestra a 70 alumnos de 2º de Bachillerato del Instituto Julián Marías. Todos los alumnos han respondido a los mismos problemas sobre ácido-base cuando realizaban un examen global de la asignatura de Química.

➤ El enunciado del primer problema es:

El ácido benzoico es un buen conservante de alimentos ya que inhibe el crecimiento microbiano siempre que el medio posea un pH inferior a 5.

a) Justifique si la disolución acuosa de ácido benzoico de concentración 0,05M es adecuada como conservante. DATOS: $K_a = 6,5 \cdot 10^{-6}$

b) Calcula el grado de disociación del ácido benzoico en la disolución anterior.

c) El volumen de agua que hay que añadir a 50 mL de una disolución de ácido clorhídrico 0,01M para que tengan igual pH que la disolución de ácido benzoico, suponiendo que los volúmenes son aditivos.

d) ¿Qué concentración de iones Zn^{+2} tendrá que tener una disolución para que precipite $Zn(OH)_2$ al pH del ácido benzoico? DATO: A 25°C, el producto de solubilidad del $Zn(OH)_2$ es de $6,3 \cdot 10^{-17}$

a) Alguno de los alumnos falla directamente a la hora de formular el ácido benzoico, lo cual no entra dentro de la problemática de ácido-base si no de la formulación y nomenclatura.

Otro problema es que no saben poner que en el equilibrio del ácido acético contribuye el agua y, por tanto, no lo ponen en el equilibrio. En resumen, los alumnos no entienden que se necesita el agua para la transferencia de protones y la disociación.

- b) Para calcular el grado de disociación los alumnos a parte de los errores matemáticos a la hora de resolver una ecuación de segundo grado por no utilizar las aproximaciones pertinentes, los alumnos que utilizan la “x” como manera de indicar el equilibrio suponen que la “x” tiene unidad de mol en vez de concentración realizando el problema de manera incorrecta.
- c) Con respecto a la segunda cuestión del problema, algunos alumnos comienzan tomando el HCl como un ácido débil y por tanto escriben un equilibrio. Y durante el examen se quejan de la falta de datos ya que, obviamente, no tienen la constante de acidez del HCl.
- d) En el último apartado se introducían conceptos sobre solubilidad, concepto que no atañe a este Trabajo de Fin de Máster; sin embargo, quiero destacar que los alumnos planteaban la solubilidad como un equilibrio ácido-base, planteando concentraciones iniciales y grado de disociación a un sólido. Asimismo, los alumnos que llegan a la respuesta correcta tachaban el apartado pensando que no podía salir una concentración elevada. No razonaban que si la disolución era muy ácida iba a quedar muy poco hidróxido en la disolución y por tanto se necesitaba mucho zinc para que precipitara.

➤ El enunciado del segundo problema es:

Se tiene 50 mL de una disolución 0,2M de ácido metanoico, que es un ácido débil de $K_a = 1,7 \cdot 10^{-4}$.

- a) Calcule el pH de la disolución inicial de ácido metanoico.*
- b) Determine el volumen de una disolución de NaOH 0,3M necesario para neutralizar el ácido anterior.*
- c) Se preparan disoluciones acuosas 0,1M con cada una de las sustancias siguientes: NaCN, HCl, KOH, CH₃COOH y NaNO₃. Ordene las disoluciones razonadamente, de menor a mayor pH. DATO: El ion CN⁻ es la base conjugada del ácido débil HCN.*

- a) En el primer apartado al igual que en el ejercicio anterior los alumnos tenían la problemática de formular de manera correcta el ácido metanoico y los problemas matemáticos relativos a la resolución del ejercicio.
- b) La reacción de neutralización entre el NaOH y el acetato pretenden tratarla como un equilibrio, no son capaces de entender que el acetato se va desplazando cada vez más hacia la derecha convirtiéndose en ácido acético hasta que desaparece completamente.
- c) En este apartado se debe calcular el pH de ciertas sales, la mayoría de los alumnos pretendían calcular de manera cuantitativa el pH calculando la concentración de las sustancias. Claramente no había los datos oportunos y la profesora en clase había explicado muchas veces que la hidrólisis de sales solo se va a tratar de manera cualitativa.

En conclusión, la problemática mencionada por los distintos autores se comprueba tras este breve análisis.^{16 15} En el primer problema podemos observar la falta de razonamiento a la hora de realizar los ejercicios, siguen sin tener claro la disociación de un ácido fuerte o un ácido débil, que ácidos/bases presentan un equilibrio, y sobre todo la problemática a la hora de resolver ecuaciones complicadas que requieran una cierta destreza matemática.

En el segundo problema los estudiantes siguen sin tener claro la diferencia entre neutralización e hidrólisis. En la hidrólisis no entienden que en este nivel escolar puedan saber si una disolución es ácida o básica sin tener que hacer cálculos de concentración observando que ácidos o bases reaccionan con el agua. Y respecto a la neutralización los alumnos siguen sin ser capaces de realizar una reacción de neutralización que no sea ácido fuerte con base fuerte, ya que no entienden qué ocurre en el equilibrio cuando el ácido/base es débil.

PROPUESTAS DE MEJORA PARA IMPARTIR LOS CONCEPTOS SOBRE ÁCIDOS Y BASES

Como se ha podido comprobar en los apartados anteriores, el concepto ácido-base constituye una problemática a la hora de enseñarlo y de ser aprendido por parte de los profesores y alumnos respectivamente. Es por ello, que en este Trabajo de Fin de Máster se quieren plantear diferentes propuestas para solventar los principales problemas que se producen en un aula.

Como los cursos en los que se habla del concepto ácido-base son el último curso de Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato, se van a plantear diferentes propuestas para ambos cursos. Hay que tener en cuenta que estas propuestas irán enfocadas al curso al que se va a impartir; es decir, a un curso de Educación Secundaria donde los alumnos deben estar obligatoriamente y muchos de ellos no van a continuar con la materia o a un último curso de Bachillerato en donde los alumnos han decidido voluntariamente estar allí y donde además se les está preparando para una prueba de acceso a la universidad. Adicionalmente, habrá que tener en cuenta el tipo de alumnado que hay en las aulas, así como los recursos de los que se dispone a la hora de impartir las clases y las situaciones familiares de los estudiantes.

Estas propuestas didácticas se han planteado para llevar a cabo en un instituto de un barrio de clase media. Esto se traduce, en general, en un nivel cultural medio-alto, con mucha interacción y estímulo por parte de las familias. Las aulas estarán provistas de un ordenador con su correspondiente proyector y un aula de informática con capacidad para todos los alumnos de una clase. Las capacidades de los alumnos serán muy variadas en el ámbito de las ciencias. Por lo tanto, habrá alumnos con un ritmo de aprendizaje alto, mientras que otros serán capaces de seguir una clase normal, pero con cierta dificultad en algunos términos abstractos o en la resolución de problemas. Sin embargo, no habrá ningún alumno con dificultades de aprendizaje que requiera una adaptación curricular significativa. Es por ello, que estas propuestas didácticas ayudarán a estos alumnos a seguir de una forma más atractiva las clases y gracias a ellas conseguir que todos los alumnos comprendan correctamente el concepto de ácido-base y sus reacciones.

Como se ha explicado anteriormente en las diferentes metodologías que seguían diversos autores para la enseñanza del ácido-base, los autores Meléndez y Castro²² proponen una metodología basada en la experimentación, al igual que Salcedo y García²⁴ que además de resaltar la importancia de la experimentación pretende conectar estos conceptos abstractos a situaciones de la realidad. También autores como Caicedo Prado²⁰ que pretenden utilizar las TICs como herramienta para que los alumnos se motiven y tengan una participación activa, ya que como explica González García¹⁸ la utilización de metodologías en las que el alumno sea el protagonista favorece el aprendizaje de los estudiantes.

Por tanto, para este Trabajo de Fin de Máster se ha querido hacer una propuesta didáctica unificando las diferentes metodologías que proponen estos autores, junto con metodologías que se basan en el uso de las nuevas tecnologías (simuladores) como recurso digital para el aprendizaje de los alumnos.

El uso de simuladores como una de las metodologías innovadoras que se han ido incorporando en los institutos en estos últimos años,²⁵ fomenta en el alumno un aprendizaje mucho más competitivo y completo. Además, la simulación como recurso de apoyo en la enseñanza de las ciencias ha sido objeto de estudio en los últimos años. Diversos estudios, que se han centrado en diferentes contenidos de las ciencias experimentales, han concluido que el empleo de simuladores tiene, por lo general, consecuencias positivas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, un estudio sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación básica y bachillerato de Ecuador concluyó que los simuladores conllevan consecuencias favorables para la enseñanza de contenidos de Física y Química, pues estos suelen ser problemáticos para los alumnos, ya que requieren de un nivel de abstracción mayor.²⁶ En otro caso de estudio, se evaluó el empleo de simuladores PhET como recurso multimedia en el aprendizaje del concepto de soluciones en química. El estudio concluyó que el empleo de simuladores es recomendable como herramienta de apoyo para “promover el aprendizaje más estructurado y dar sentido a la introducción de las nuevas representaciones”.²⁷

Por tanto, las propuestas didácticas que se han diseñado para los cursos de 4º de la ESO y 2º de Bachillerato tendrán la experimentación real y/o virtual como hilo conductor. Así, el alumno será el protagonista en su aprendizaje, ya que tendrá un papel activo al controlar las experiencias virtuales por medio de un ordenador o al realizar experimentos en un laboratorio que estén conectados con su realidad.

Por medio de estas propuestas didácticas los alumnos podrán adquirir diversas competencias:

- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- Competencia digital.
- Aprender a aprender.
- Competencias sociales y cívicas.
- Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.

○ PROPUESTA PARA EL CURSO 4º DE LA ESO

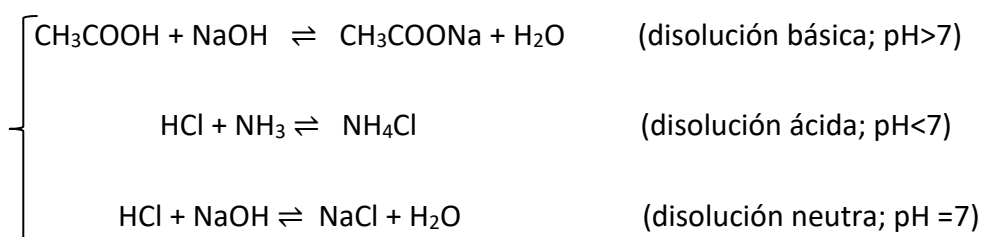
En el último curso de Educación Secundaria Obligatoria los alumnos han podido escoger esta materia libremente. Sin embargo, la realidad es que muchos alumnos no tienen decidido que rama escogerán en el Bachillerato. De modo que los docentes debemos despertar el interés por la materia a la vez que les preparamos para su futuro escolar.

Como ya hemos mencionado en apartados anteriores, la mayor problemática en este curso es la manera en la que el docente introduce ciertos conceptos ácido-base por primera vez y el concepto de la neutralización es un factor clave para el aprendizaje de las reacciones ácido-base en el futuro.¹⁴

En consecuencia, esta propuesta didáctica quiere resaltar la importancia de explicar a los alumnos que una neutralización no implica que la disolución sea siempre neutra y por tanto el pH no será siempre igual a 7. Para solventar esta problemática el profesor deberá dar una definición correcta de neutralización: reacción entre protones que provienen de un ácido y los hidróxidos que provienen de una base, para formar agua.

Además de la explicación teórica se realizarán experiencias prácticas basadas en reacciones de neutralización. De esta manera, los alumnos al realizar estos experimentos con sus propias manos retendrán mejor la información y serán capaces de recordar en un futuro ciertas reacciones de neutralización donde el pH resultante no era igual a 7.

Las reacciones de neutralización que se realizarán en el laboratorio serán:



El guion que se les facilitará a los alumnos para realizar la práctica de laboratorio es:

PRÁCTICA 1: REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN

NOMBRE Y APELLIDOS:

FECHA:

MATERIALES Y REACTIVOS

- Disolución de NaOH (0,1M)
- Disolución de HCl (0,1M)
- Disolución de ácido acético (0,1M)
- Disolución de amoníaco (0,1M)
- Vasos de precipitado
- Probeta
- Embudo
- Papel de pH/indicador

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. La primera reacción consistirá en mezclar **50 ml** de la disolución de HCl (0,1M) con **50 ml** de la disolución de NaOH (0,1M). **¿Qué pH se ha obtenido?**
2. Para la segunda reacción se toman **50 ml** de la disolución de ácido acético (0,1M) y otros **50 ml** de la disolución de NaOH (0,1M) y se echan en el mismo vaso. **¿Qué crees que va a suceder?** Ahora, con el papel indicador comprueba el pH que tiene. **¿Te ha sorprendido este resultado?** Responde las preguntas en tu cuaderno de laboratorio.
3. Para la tercerreacción de neutralización se toman **50 ml** de disolución de NH₃ (0,1M) y el mismo volumen de disolución de HCl (0,1M). Al igual que en la reacción anterior comprueba el pH resultante. **¿Te esperabas este resultado?** Responde en tu cuaderno.

RESULTADOS

Escribe en esta hoja las reacciones que han tenido lugar y anota el pH resultante.

iii No olvides ajustarlas!!!

1. $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow$ pH=
2. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow$ pH=
3. $\text{HCl} + \text{NH}_3 \longrightarrow$ pH=

Además, de la explicación de la neutralización y de las experiencias en el laboratorio se enseñará a los alumnos el simulador [Macro pH scale](#) de la Universidad de Colorado. En este simulador podrán conocer el pH de sustancias comunes como la sangre, la leche y el café. Además, mediante esta simulación interactiva podrán comprender el concepto “diluir” que muchas veces es confundido con el término “disolver”.

A continuación, se muestran una serie de capturas de pantalla en las que se muestran distintas actividades adecuadas al curso de 4º de la ESO utilizando el simulador [Macro pH scale](#) (PhET Colorado)

Figura 2: Aspecto general del simulador Macro pH scale

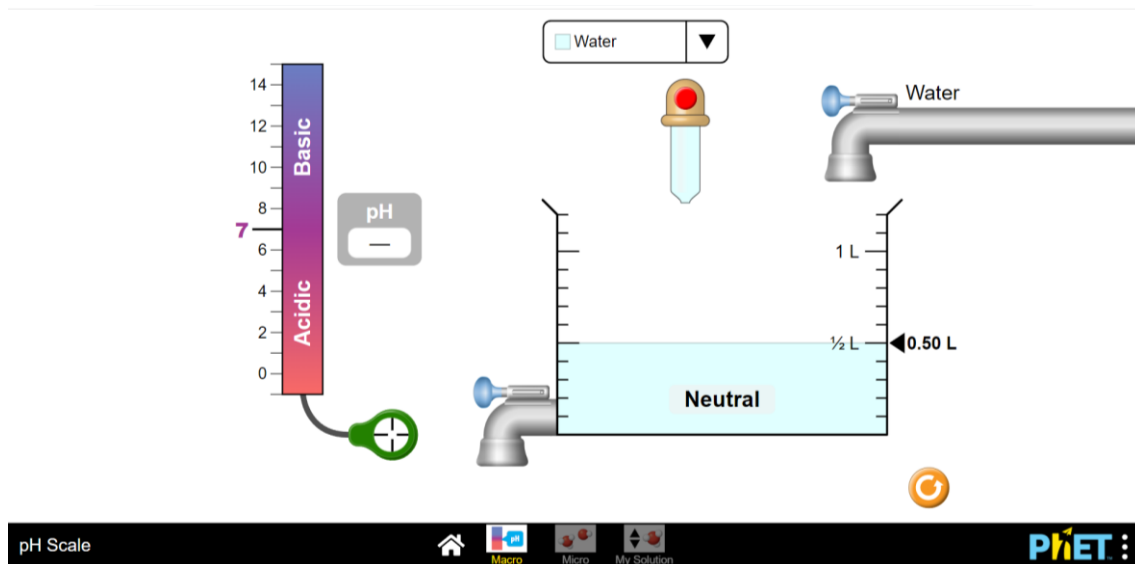


Figura 3: Observa el pH de la disolución

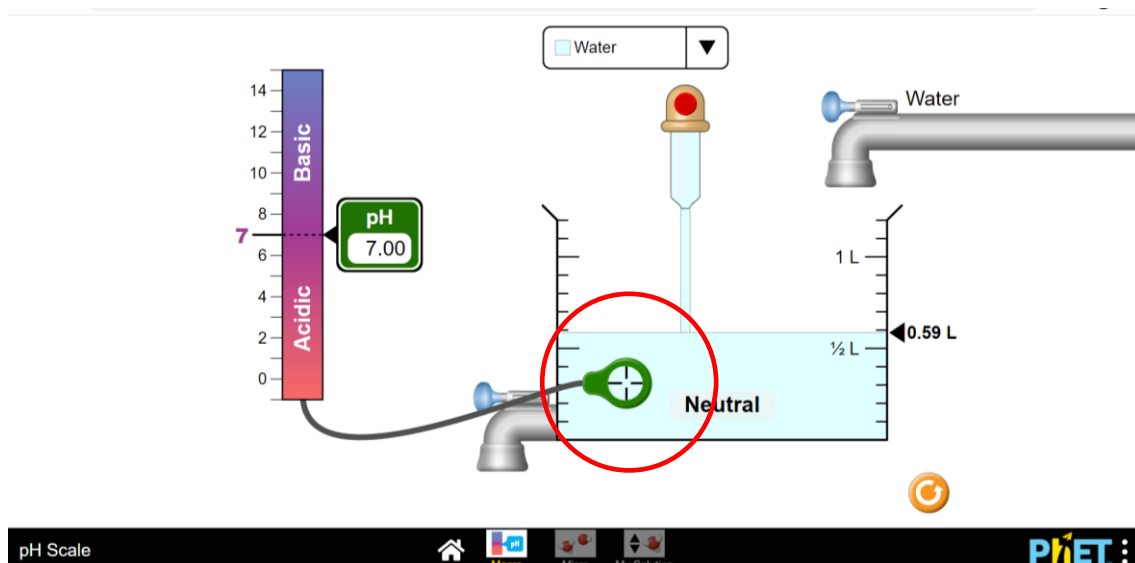


Figura 4: Selección de la sustancia de la que quieres medir el pH.

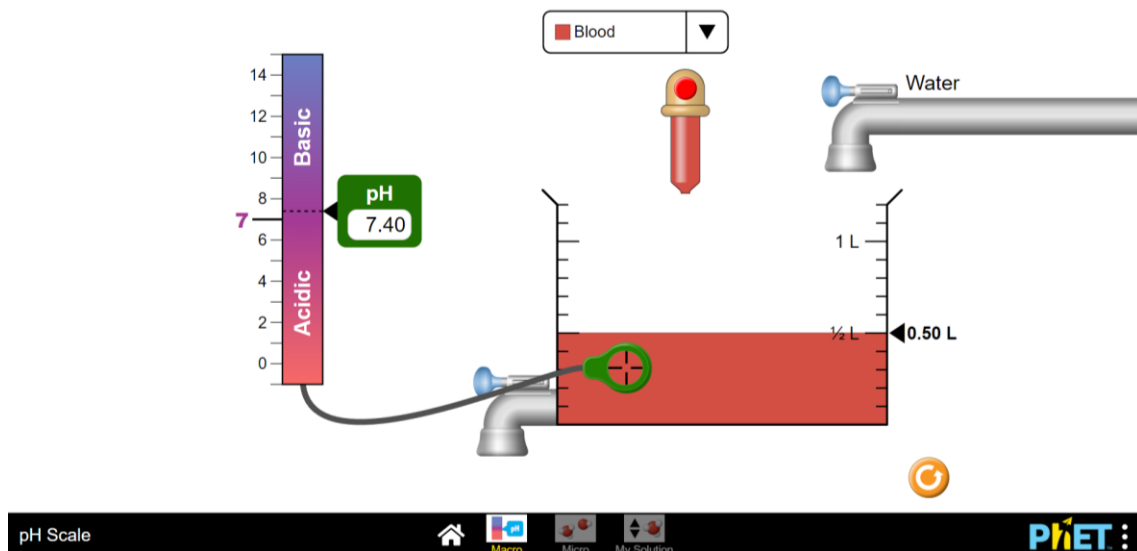
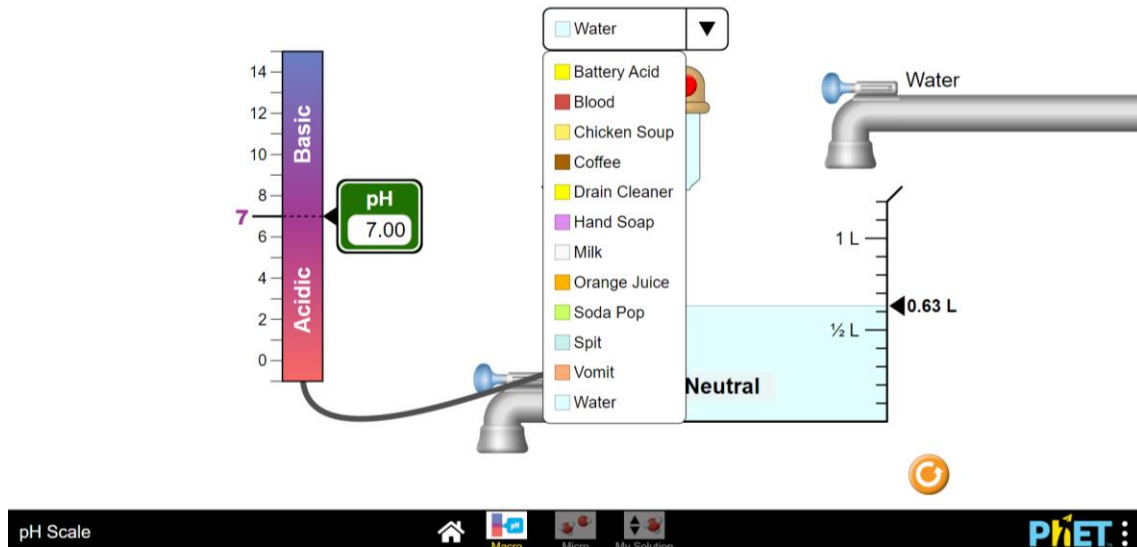
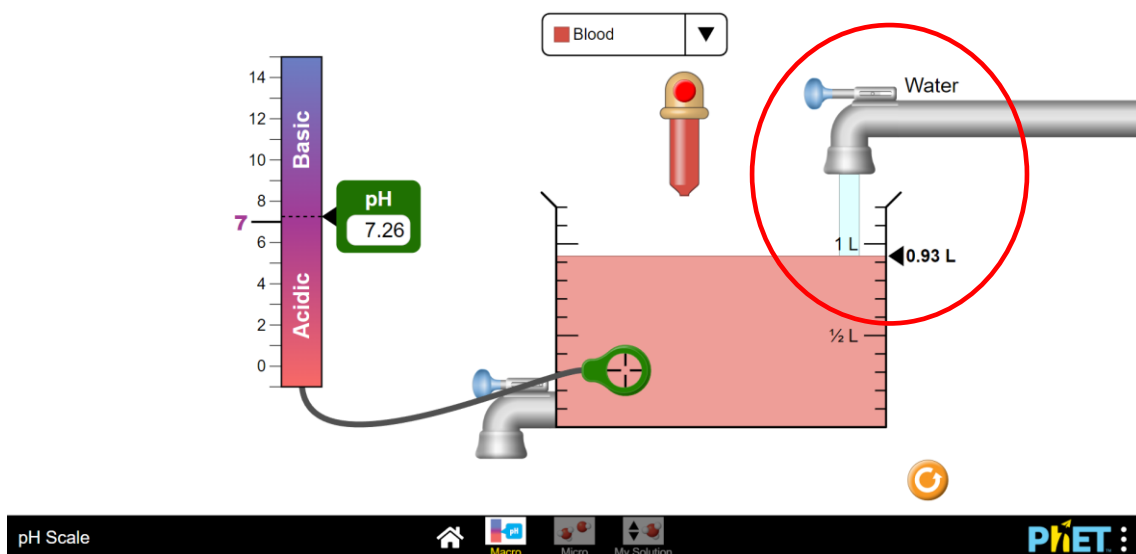


Figura 5: Observa la variación del pH de la sustancia al añadir agua (dilución).



Por último, se va a realizar otra experimentación con los alumnos para ilustrar las consecuencias de la lluvia ácida. Como mencionaban Salcedo y García²⁴ es importante que los alumnos aprendan ciertos conceptos relacionándolos con su vida cotidiana, y la lluvia ácida es uno de ellos. Gracias a este fenómeno pueden comprender nuevas reacciones entre ácidos y bases. Asimismo, conocer cómo funciona la lluvia ácida conlleva que los alumnos se preocupen por la conservación del medio ambiente, ya que este fenómeno afecta a la calidad del aire y a la conservación de los bosques, y por la conservación del patrimonio arquitectónico. Por tanto, con esta experiencia se tratarán además contenidos transversales sobre el medioambiente.²⁵

Se les va a pedir a los alumnos que dispongan tres vasos, el primero con agua, el segundo con vinagre y el tercero con ácido nítrico. Con un papel de pH los alumnos medirán el pH de estas disoluciones. Después se les va a repartir trozos de tiza (sulfato de calcio y carbonato de calcio) y se les va a pedir que los introduzcan en cada vaso. Al cabo de unos minutos se les va a pedir que observen qué ha sucedido.

Con este experimento los alumnos verán que la tiza al estar compuesta de sulfatos y carbonatos es una sustancia básica ya que va a reaccionar con los ácidos (vinagre y ácido nítrico) y observarán cómo estas disoluciones afectan y acaban descomponiendo la tiza, al igual que sucedería en las construcciones de piedra caliza.

El guion que se les va a entregar a los alumnos es el siguiente:

PRÁCTICA 2: LLUVIA ÁCIDA



NOMBRE Y APELLIDOS:

FECHA:

MATERIALES Y REACTIVOS

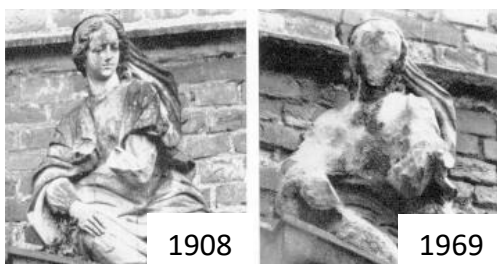
- Vinagre
- Agua
- Disolución de ácido nítrico (0,1M)
- Tiza (CaSO_4 y CaCO_3)
- Vasos de precipitado
- Mortero
- Papel de pH/indicador



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Se preparan tres vasos de precipitados. El primero con agua (1), el segundo con vinagre (2) y el tercero con la disolución de ácido nítrico (0,1M) (3). Se mide el pH de cada vaso. Responde en esta hoja. (1). (2). (3).
2. Se coge un cacho de tiza y se machaca en el mortero. Una vez que es casi todo polvo se le echa 5 mL de agua y se mide el pH. Responde en esta hoja. pH=
3. Por último, se va a partir la tiza en fragmentos de unos 2-3 cm y se van a echar a la disolución (1), (2) y (3). **¿Qué sucede al cabo de 10 minutos? ¿Por qué crees que pasa eso en la disolución?** Responde en tu cuaderno.

Observa lo que le ha ocurrido a este monumento realizado en piedra caliza a lo largo de los años. Busca información sobre la composición de la piedra caliza y trata de explicar la causa de su deterioro. NOTA: No ha sido causado por el ser humano.

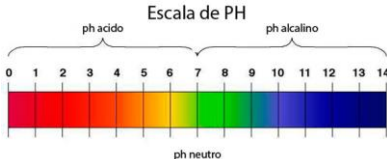


○ PROPUESTA PARA EL CURSO 2º DE BACHILLERATO

El curso de 2º de Bachillerato es un curso complicado por la cantidad de temario que hay que impartir a los alumnos y el poco tiempo del que se dispone. Por tanto, la propuesta didáctica que se propone es coherente con estas dificultades. Al igual que en el curso de 4º de la ESO se va a proponer la utilización de simuladores para que los alumnos comprendan mejor las reacciones ácido-base.

La principal dificultad para este tipo de reacciones es la abstracción que deben tener los alumnos para poder comprenderlo; por tanto, la utilización de estos recursos digitales facilitará su aprendizaje sin perder demasiado tiempo en el aula. Por otra parte, podrán consultar estos recursos tantas veces lo necesiten a la hora de estudiar ciertos conceptos en sus casas.

En primer lugar, la forma en la que se aborda esta Unidad Didáctica es clave para el buen aprendizaje de los alumnos; por tanto, el esquema, los contenidos y la secuenciación que yo seguiría como docente se recoge en la Tabla 6.

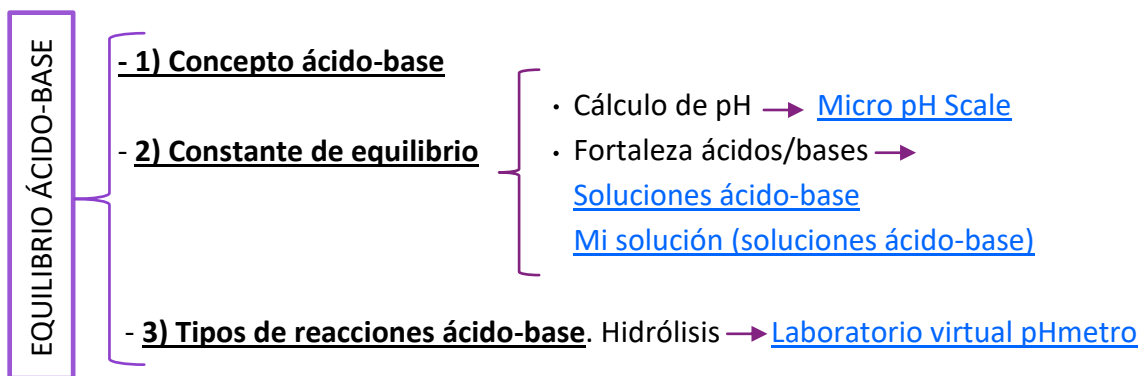
2) CONSTANTE DE EQUILIBRIO		
AUTOIONIZACIÓN DEL AGUA. CÁLCULO DEL pH		
$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(ac) + OH^-(ac) \rightarrow$ Por la ley de acción de masas $K_w = [OH^-][H_3O^+] = 10^{-14}$ (25°C).		
La clasificación de las disoluciones:		
$[OH^-] = [H_3O^+] = 10^{-7} \rightarrow$ NEUTRAS	Para evitar los exponentes se crea el concepto de pH	$pK_w = -\log K_w$ $pOH = -\log /OH^-/$ $pH = -\log /H_3O^+ /$
$[OH^-] > [H_3O^+] > 10^{-7} \rightarrow$ BÁSICAS		
$[OH^-] < [H_3O^+] < 10^{-7} \rightarrow$ ÁCIDAS		
$pH + pOH = 14$		
		
Esto permite establecer la escala de pH		
FUERZA DEL ÁCIDO-BASE. Tendencia a ceder o ganar protones al agua		
ÁCIDO FUERTE	$HA + H_2O \rightarrow A^- + H_3O^+$	Totalmente disociado Grado disociación $\alpha = 1$ No hay equilibrio (K_a muy alta)
ÁCIDO DÉBIL	$HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$ $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$	Parcialmente disociado $0 < \alpha < 1$ Hay equilibrio. Cuanto más desplazado a la derecha el ácido será más fuerte.
BASE DÉBIL	$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$ $H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$	Parcialmente disociado $0 < \alpha < 1$ El equilibrio: cuanto más desplazado a la derecha, más fuerte es la base.
BASE FUERTE	$B + H_2O \rightarrow BH^+ + OH^-$	Totalmente disociado $\alpha = 1$ No hay equilibrio (K_b muy alta)
ANFÓTEROS	$HCO_3^- + H_2O \rightarrow H_3O^+ + CO_3^{2-}$ (BASE) $HCO_3^- + H_2O \rightarrow OH^- + H_2CO_3$ (ÁCIDO)	Sustancias que pueden actuar como ácidos o bases al reaccionar con el agua.

3) TIPOS DE REACCIONES ÁCIDO-BASE		
NEUTRALIZACIÓN		
<p><u>DEFINICIÓN:</u> Reacción entre protones que provienen de un ácido y los hidróxidos que provienen de una base, para formar agua.</p> <p>Reacción de neutralización: $H_3O^+(ac) + OH^-(ac) \rightarrow H_2O(l) + H_2O(l)$</p> <p>Reacción global: $H_aA(ac) + B(OH)_b(ac) \rightarrow A_bB_a + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+(ac) + OH^-(ac)$</p>	<p>Acido fuerte + Base fuerte</p> <p>↓</p> <p>Base débil + ácido débil</p>	$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ \downarrow $Na^+ + Cl^-$
	<p>Acido fuerte + Base débil</p> <p>↓</p> <p>base débil + ácido fuerte</p>	$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ \downarrow $NH_4^+ + Cl^-$
	<p>Acido débil + Base fuerte</p> <p>↓</p> <p>base fuerte + ácido débil</p>	$AcH + NaOH \rightarrow AcNa + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ \downarrow $Na^+ + Ac^-$
HIDRÓLISIS		
<p><u>DEFINICIÓN:</u> Reacción en la que los iones de una sal reaccionan con el agua.</p>	<p>SAL FORMADA POR IONES QUE PROVIENEN DE ÁCIDO Y BASE FUERTE</p>	$NaCl(s) \rightarrow Na^+(ac) + H_2O \not\rightleftharpoons Cl^-(ac) + H_2O \not\rightleftharpoons$ <p style="text-align: right;">pH = 7</p>
	<p>SAL FORMADA POR IONES QUE PROVIENEN DE ÁCIDO FUERTE Y BASE DÉBIL</p>	$NH_4Cl(s) \rightarrow NH_4^+(ac) + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$ $Cl^-(ac) + H_2O \not\rightleftharpoons$ <p style="text-align: right;">pH < 7</p>
	<p>SAL FORMADA POR IONES QUE PROVIENEN DE ÁCIDO DÉBIL Y BASE FUERTE</p>	$AcNa(s) \rightarrow Na^+(ac) + H_2O \not\rightleftharpoons Ac^-(ac) + H_2O \rightleftharpoons OH^- + AcH$ <p style="text-align: right;">pH > 7</p>
	<p>SAL FORMADA POR IONES QUE PROVIENEN DE ÁCIDO Y BASE DÉBIL</p>	$AcNH_4(s) \rightarrow Ac^-(ac) + H_2O \rightleftharpoons OH^- + AcH$ $NH_4^+(ac) + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$ <p style="text-align: right;">El pH dependerá de la Ka y Kb</p>

El empleo de simuladores se utilizará como acompañamiento para las clases teóricas en momentos claves de la explicación, además del uso individual por los alumnos en el aula de informática como resolución de problemas creados para esta propuesta. Los alumnos podrán recurrir a ellos en cualquier momento y lugar para resolver ciertas dudas.

La secuenciación de los simuladores se recoge en el Esquema 2.

Esquema 2: Secuenciación y momentos donde se utilizarán los simuladores.



Como se puede observar, en primer lugar se explicarían las distintas teorías a lo largo de la Historia, explicando sus características y limitaciones. Después se introduciría la fórmula del pH y pOH. En este momento se utilizaría el simulador [Micro pH Scale](#) con el que los alumnos podrán comprender que si hacemos más básica una disolución la concentración de OH^- irá aumentando a la vez que la concentración de H_3O^+ disminuye. Gracias al simulador podrán visualizar cómo evoluciona una disolución cuando se diluye o qué especies existen en la disolución.

Simulador [Micro pH Scale](#) (PhET colorado) para explicar el pH en el curso de 2º de Bachillerato.

Figura 6: Aspecto general del simulador Micro pH Scale. Escala logarítmica del pH.

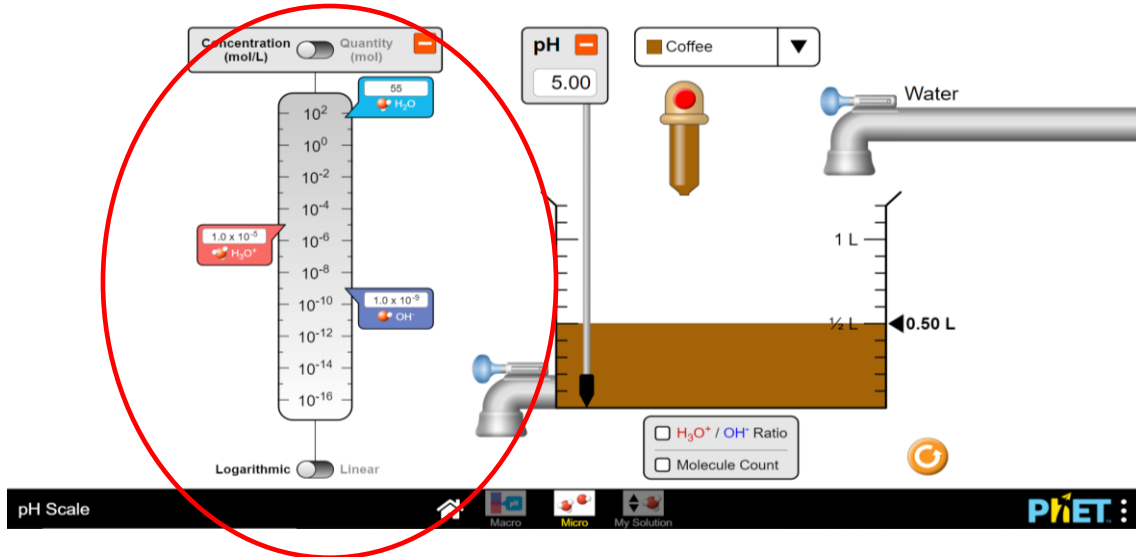


Figura 7: Escala lineal del pH.

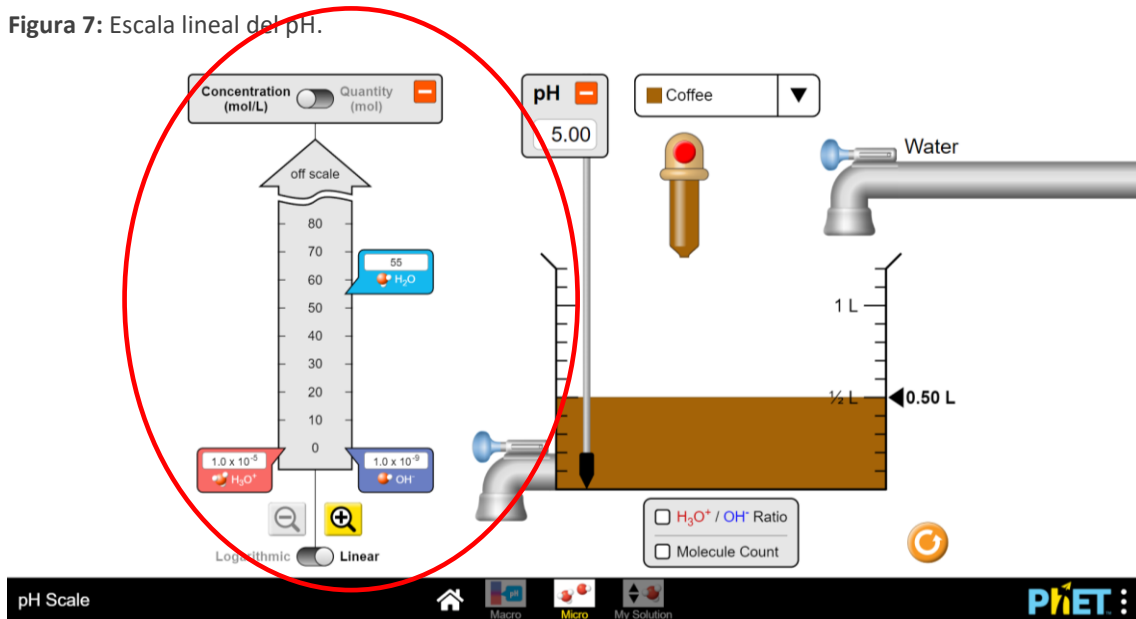


Figura 8: Dilución de la disolución.

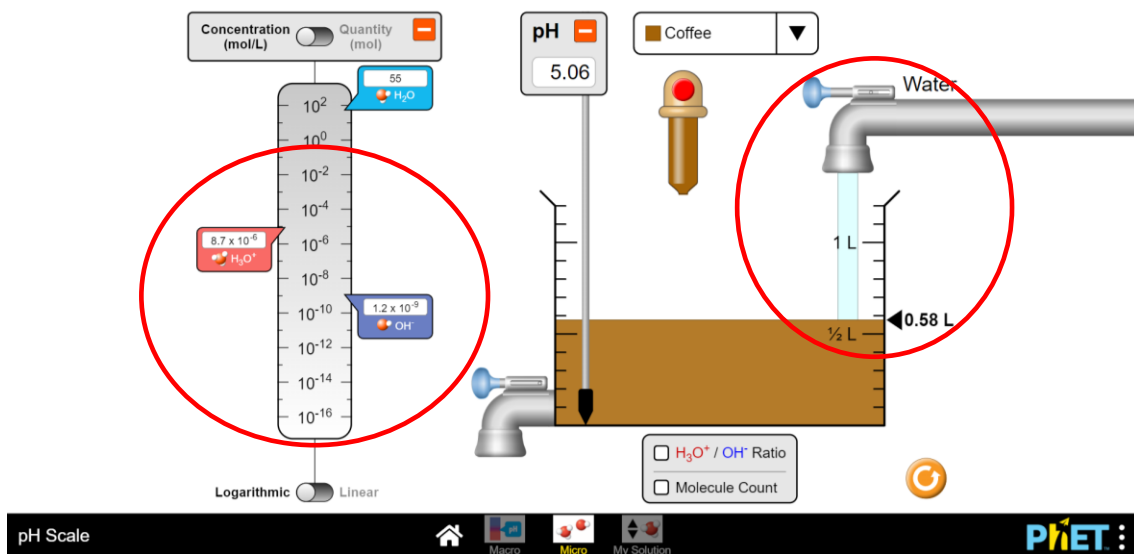


Figura 9: Observación del movimiento de las concentraciones de protones e hidróxidos tras la dilución.

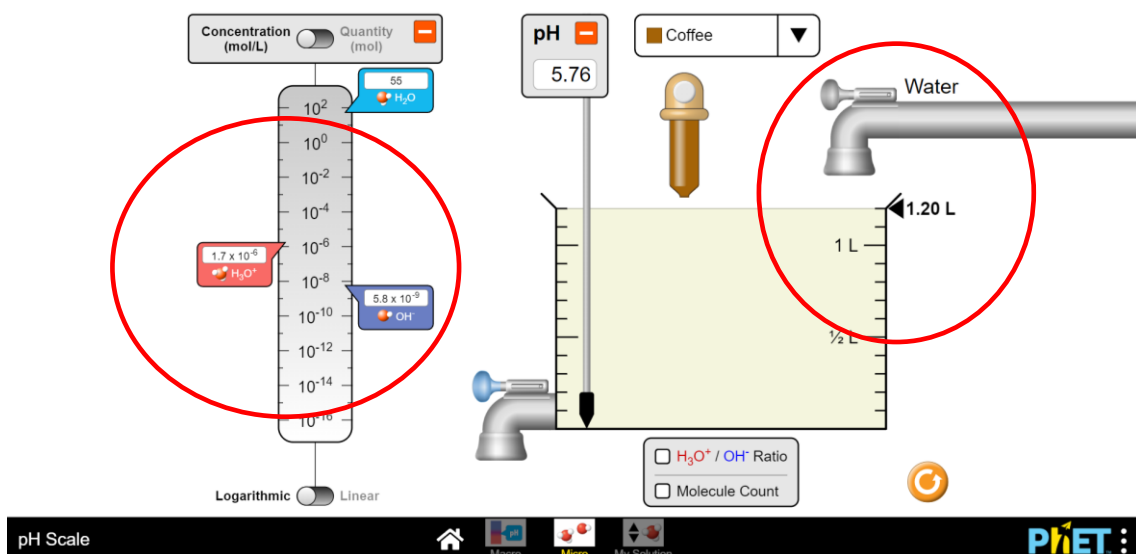
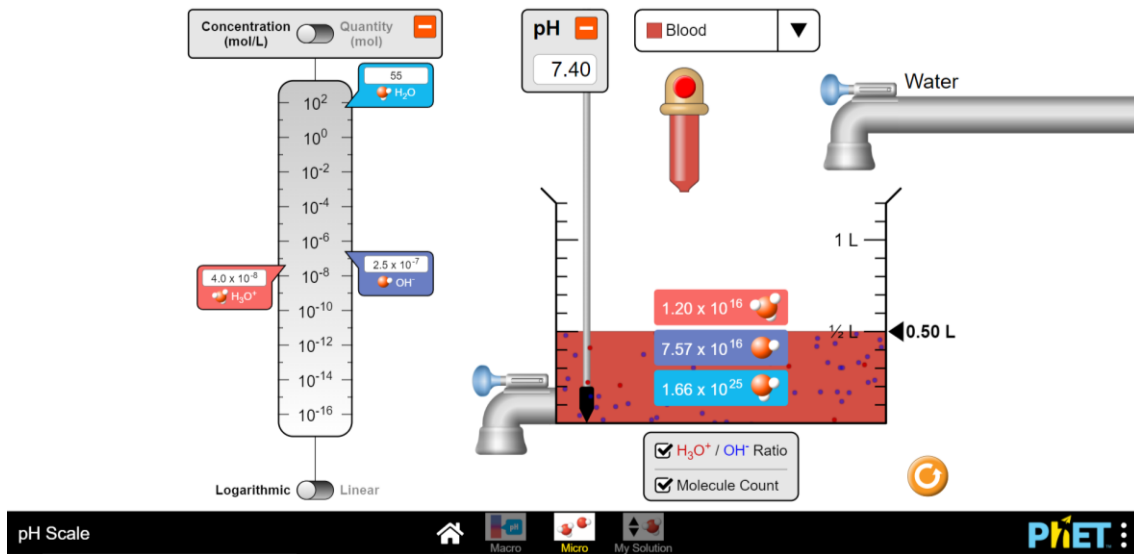


Figura 10: Diversidad de opciones para visualizar mejor las especies en disolución.



Una vez que se ha visto como se calcula el pH y el pOH se pasará a la explicación de ácido/base fuerte y débil. Para este concepto los alumnos previamente habrán visto el concepto de equilibrio en la unidad anterior.

Las reacciones de los ácidos/bases fuertes y débiles a veces son demasiado abstractas para los estudiantes. Como hemos explicado en otro apartado, la mayoría de las veces no logran visualizar el concepto de equilibrio y simplemente lo aprenden de manera mecánica. En consecuencia, el simulador [Soluciones ácido-base](#) permitirá a los alumnos observar que sustancias se quedan en la disolución según sea un ácido/base fuerte o débil, es decir, que sustancias están presentes en el equilibrio ácido-base. Además, les permitirá observar la concentración de cada sustancia, medir el pH con distintos indicadores y observar si la disolución es conductora de electricidad.

Simulador [Soluciones ácido-base](#) para explicar la fortaleza de un ácido/base en el curso de 2º de Bachillerato.

Figura 11: Aspecto general del simulador Soluciones ácido-base.

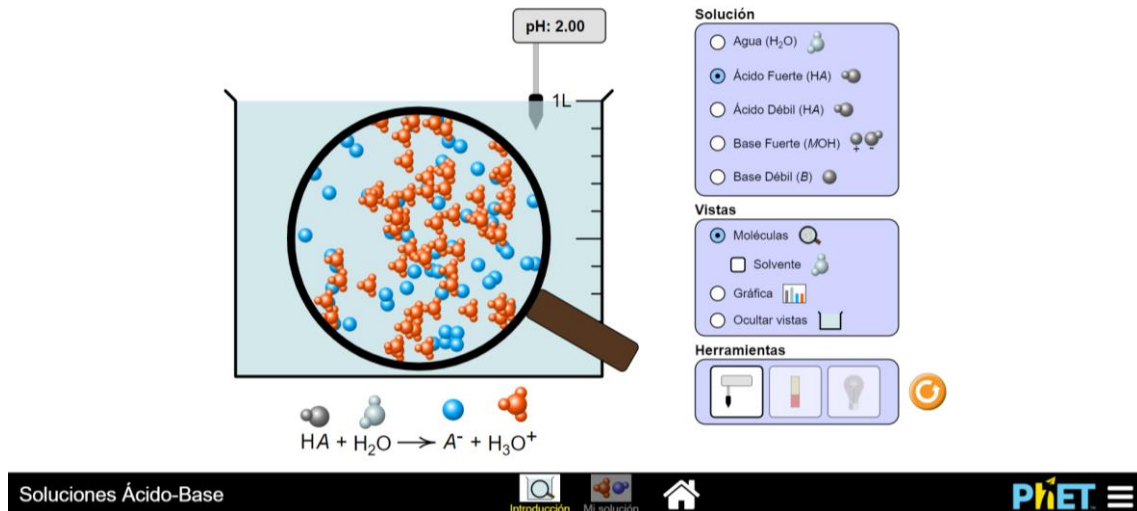


Figura 12: Observación gráfica de las cantidades de las especies presentes en la disolución.

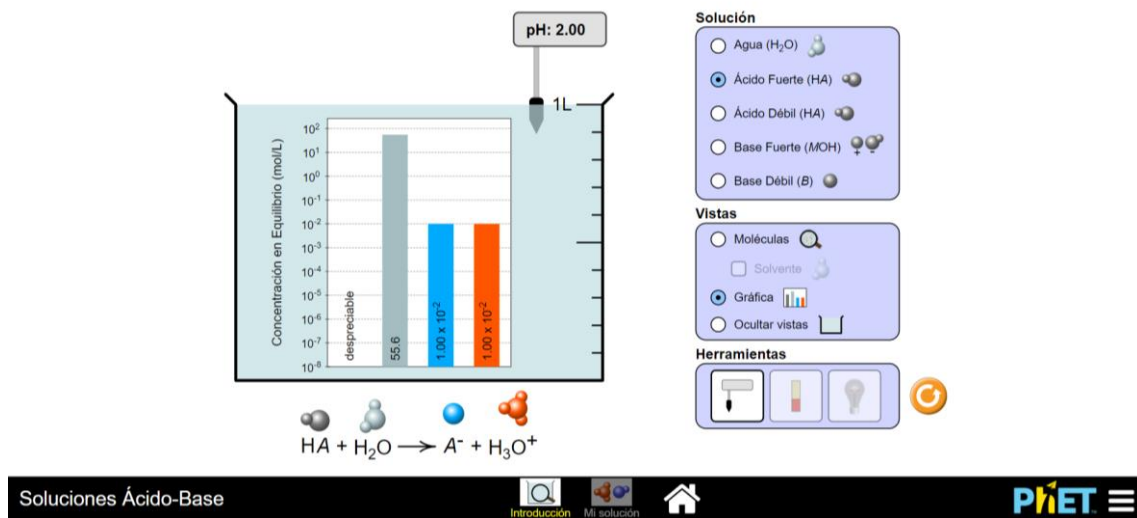


Figura 13: Cálculo de pH con diferentes indicadores.

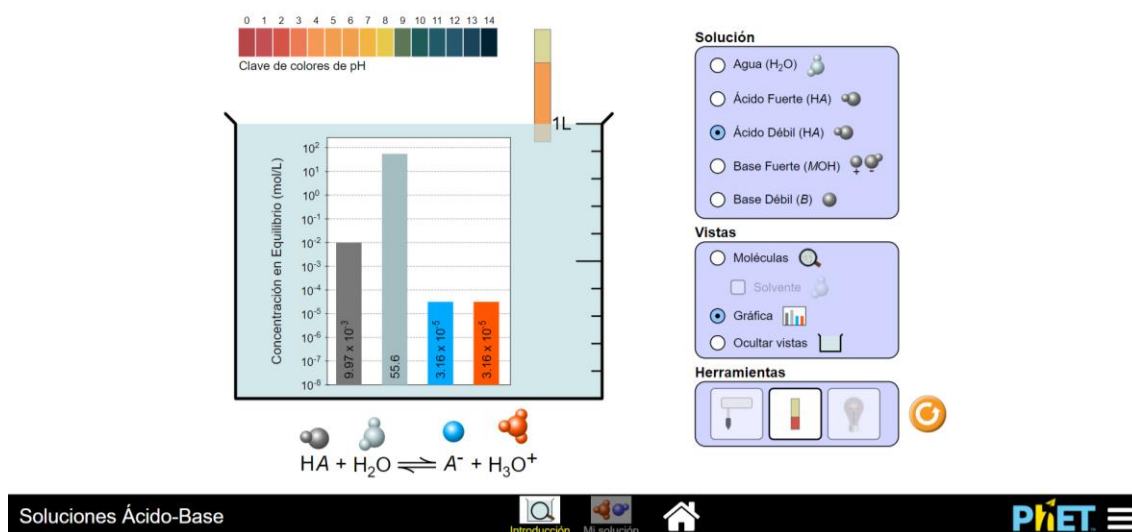
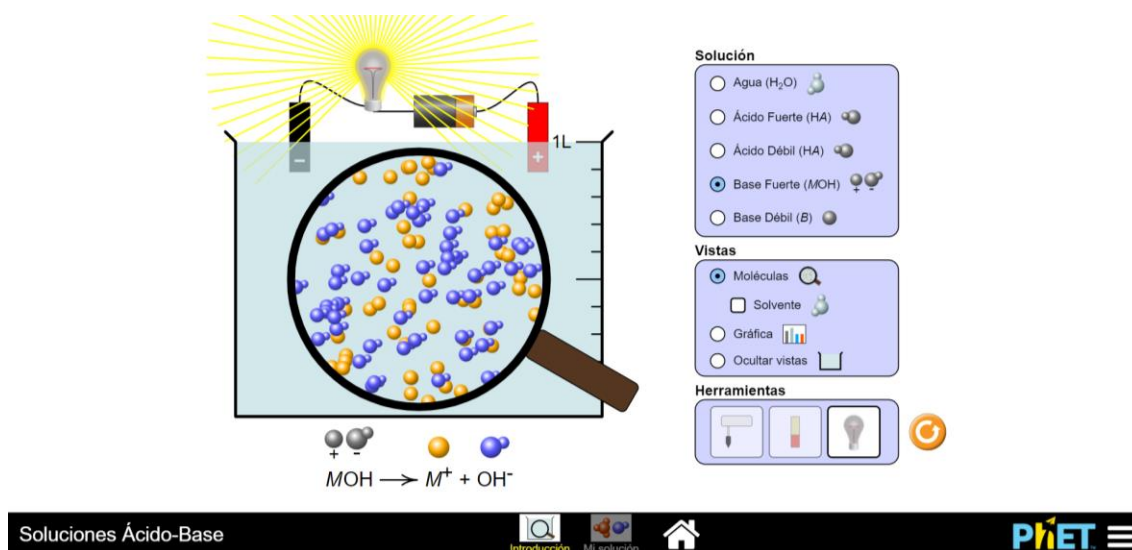


Figura 14: Observación de la conducción de la electricidad.



Cabe señalar que el simulador [Mi solución \(soluciones ácido-base\)](#) permite a los alumnos cambiar la concentración de la disolución e ir observando las diferencias que se observan. Este simulador servirá a los alumnos de autocorrección para problemas que realicen previamente a mano.

Simulador [Mi solución \(soluciones ácido-base\)](#) para crear tu propia disolución en el curso de 2º de Bachillerato

Figura 15: Cambio de la concentración de la solución.

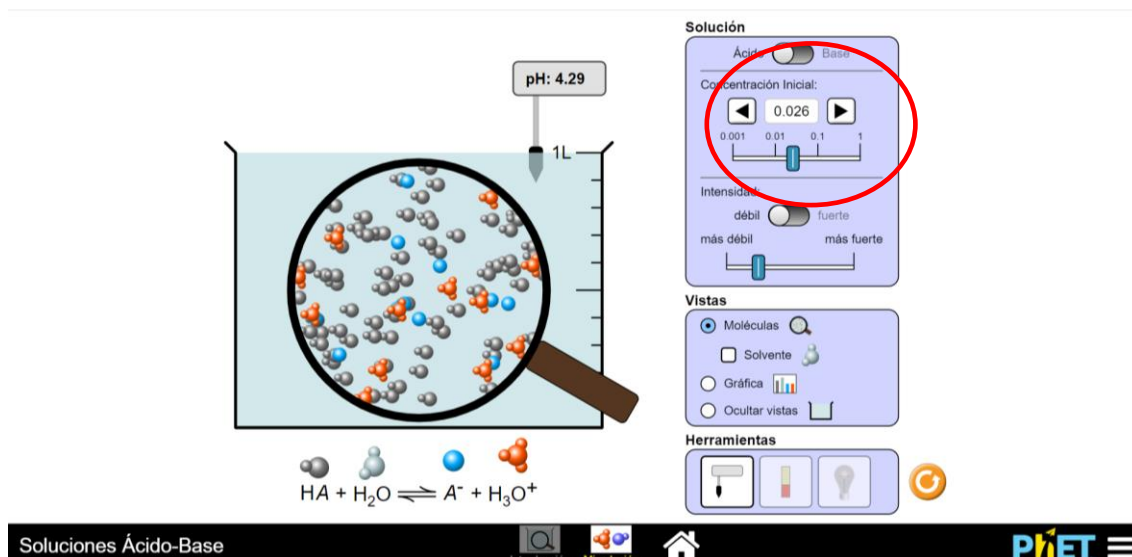
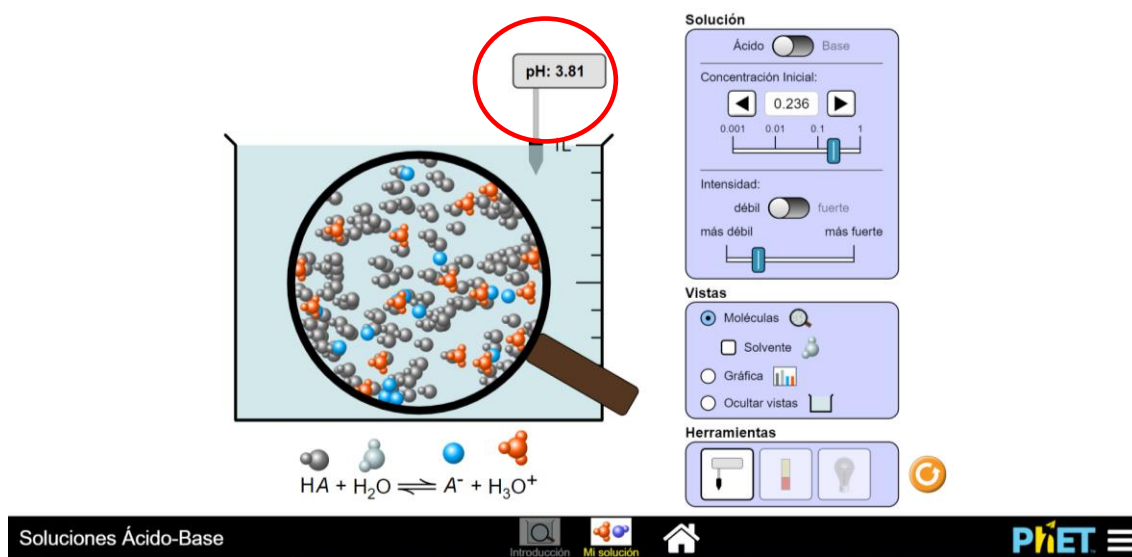


Figura 16: Variación del pH como consecuencia del cambio en la concentración de la solución.



Por último, se hablará de la neutralización y posteriormente de la hidrólisis de sales. Como hemos mencionado anteriormente los alumnos creen muchas veces que una sal es neutra, por tanto, una vez que se han explicado los diferentes tipos de hidrólisis se les enseñará a los alumnos el simulador [Laboratorio virtual pHmetro](#) en donde ellos serán capaces de observar el pH de las sales más comunes.

Simulador [Laboratorio virtual pHmetro](#) para conocer el pH resultante de la hidrólisis de las sales en el curso de 2º de Bachillerato.

Figura 17: : Aspecto general del simulador Laboratorio virtual pHmetro.

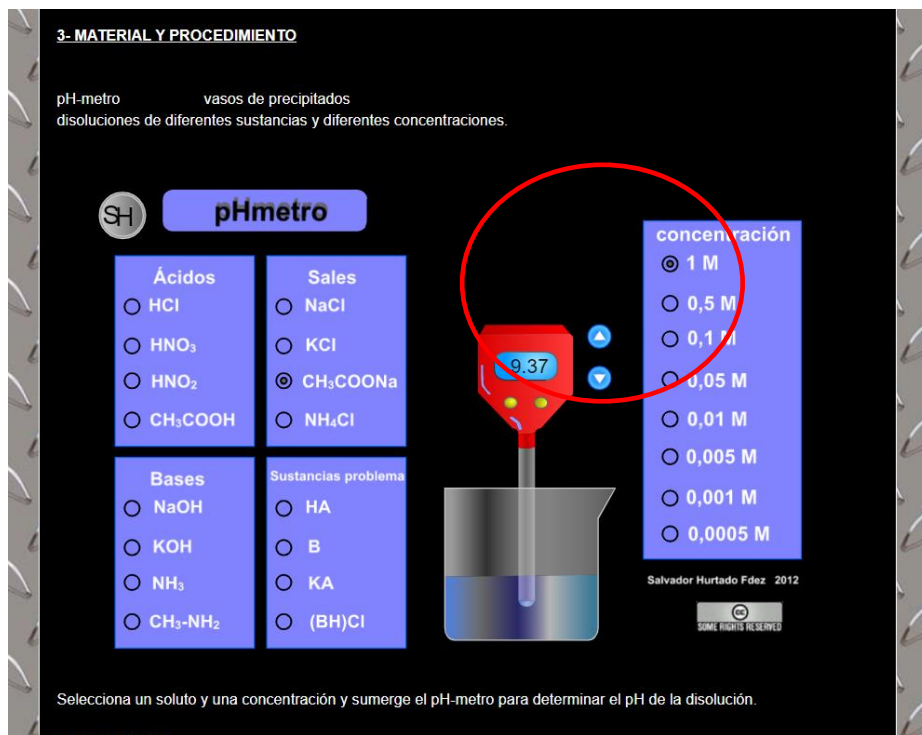
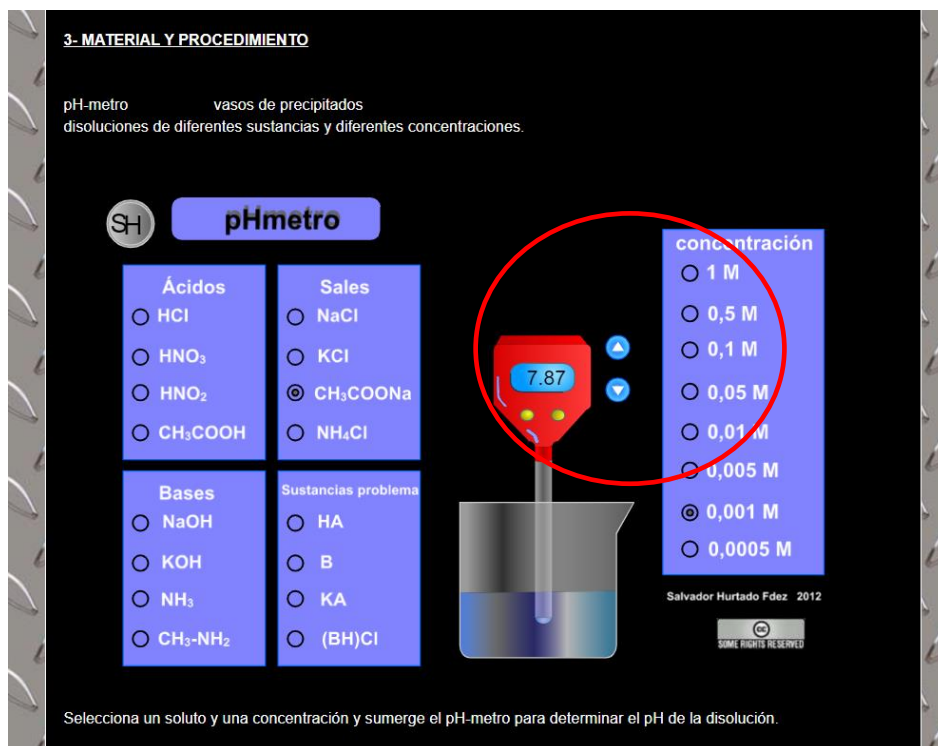


Figura 18: Cambio en la concentración de la sal.



Esta actividad podrá servir como autocorrección para ellos y como manera de recordar el tipo de disolución que se obtiene al hidrolizar una sal. Este aprendizaje puede servirles de ayuda en los exámenes al saber el pH aproximado que tenía cierta sal, dándose cuenta de si están realizando el problema de forma correcta.

Por último, las volumetrías ácido-base serán conceptos que se han explicado y realizado en curso anteriores de manera experimental por tanto en este curso se recordará y profundizará de manera teoría junto con el simulador [labovirtual-valoracion-acido-base](#).

Simulador [labovirtual-valoracion-acido-base](#) para realizar valoraciones ácido-base en el curso de 2º de Bachillerato.

Figura 19: Selección de la alícuota en la disolución problema.

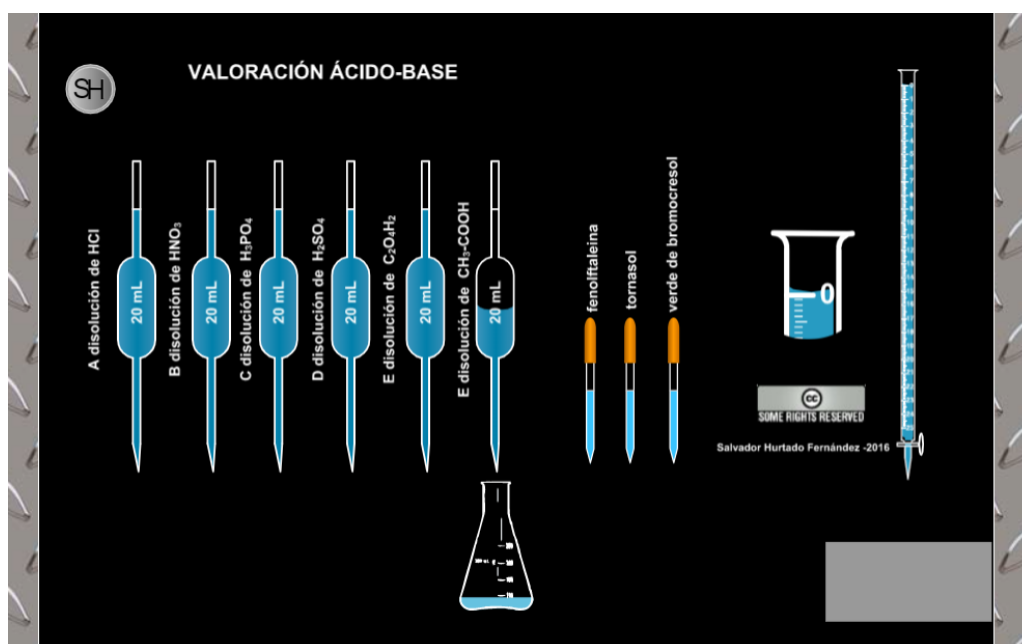
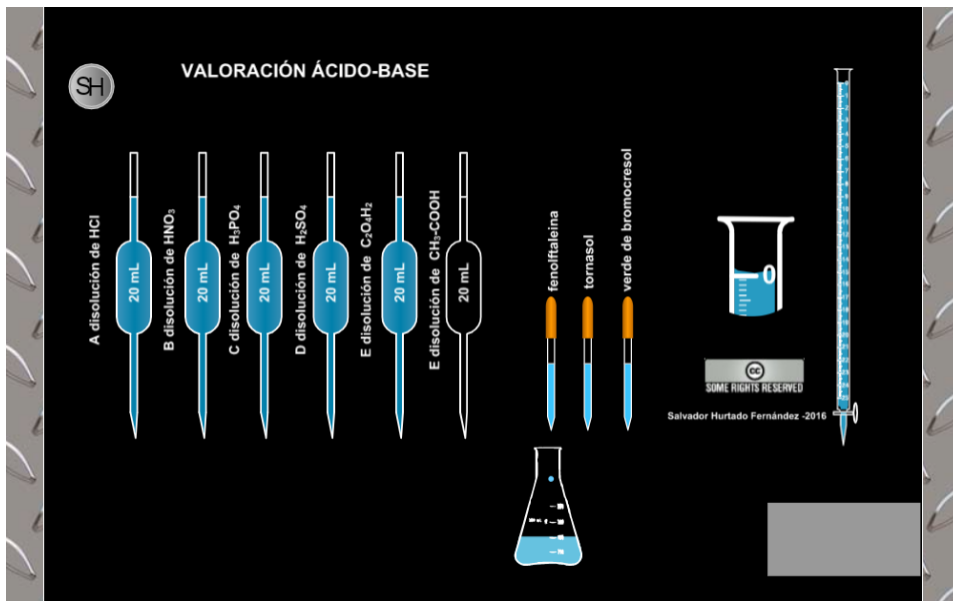


Figura 20: Selección del indicador apropiado.



Por último, se valora la disolución problema con la disolución que el simulador cree adecuada. En este caso el alumno no tiene que elegir que sustancias es la más apropiada para valorar. Por tanto, este recurso puede ser utilizado al inicio de la explicación para que vayan recordando que si tenemos un ácido debemos valorarlo con base y viceversa. De esta manera los alumnos recordarán de una manera más visual que disoluciones patrón se valoraban con las disoluciones problemas y no comentarán el error de poner la disolución patrón en la bureta en vez de en el Erlenmeyer.

Figura 21: Valoración de la disolución problema.

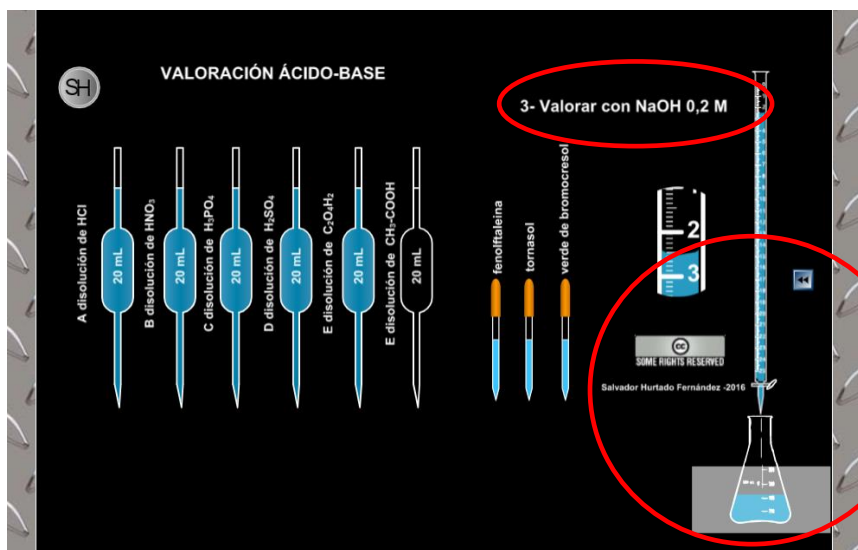
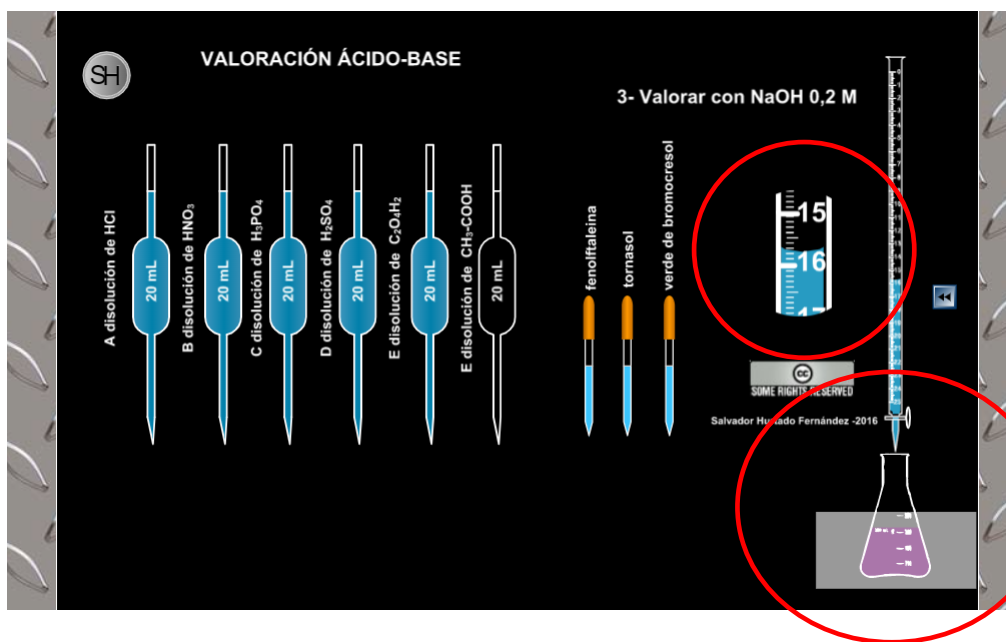


Figura 22: Cambio de color al llegar al punto final de la valoración.



Gracias a este simulador los alumnos podrán tener una primera toma de contacto en este curso con las valoraciones, de manera que les sirva para recordar las experiencias que se realizaron en otros cursos. Además, podrán comprobar que indicador es el más acertado para ciertas valoraciones o qué tipo de disolución patrón se utiliza en cada caso. En resumen, este recurso digital servirá a los alumnos para aprender ciertos conceptos más teóricos que les pueden preguntar en la EBAU. Por ejemplo, sobre que indicador utilizarías para cierta valoración o de qué color queda la disolución si valoramos estas dos sustancias.

○ EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS

Ambas propuestas didácticas sugieren una adaptación a la hora de explicar ciertos contenidos, sin embargo, la manera en la que se evaluará a los alumnos será de manera tradicional resolviendo un examen. En particular en 2º de Bachillerato que será un examen similar al de la EBAU.

Además, el docente encargado de llevar a cabo esta propuesta didáctica evaluará mediante la observación y los resultados académicos si esta propuesta beneficia el aprendizaje de los alumnos en el concepto de ácido-base.

Cabe destacar que si el docente quiere iniciar una investigación didáctica sobre el uso de simuladores deberá tomar dos grupos homogéneos de igual curso académico. El grupo “control” recibirá clases magistrales con el recurso de imágenes presentes en el libro de texto y clases de resolución de ejercicios. Mientras que el grupo “experimental” por su parte, recibirá clases magistrales, también con las imágenes presentes en los libros de texto y clases de resolución de ejercicios, pero, a diferencia del grupo “control”, se introducirá el empleo de simuladores.

Asimismo, la opinión de los alumnos sobre la utilización de estos nuevos recursos tiene un gran peso. Por tanto, al acabar la Unidad Didáctica en ambos cursos se les entregará a los alumnos la siguiente encuesta para que den su opinión sobre esta propuesta didáctica. De esta forma el docente podrá observar si la utilización de estas metodologías es fructífera para los estudiantes, y si realmente aparece un cambio en su manera de aprender.

ENCUESTA DE OPINIÓN SOBRE LA UNIDAD DIDÁCTICA

*** Responder con una cruz.**

	<u>EN DESACUERDO</u>	<u>MEDIANAMENTE EN DESACUERDO</u>	<u>DE ACUERDO</u>	<u>TOTALMENTE DE ACUERDO</u>
La prueba escrita ha sido coherente con el temario impartido en clase.				
Los simuladores utilizados han ayudado a afianzar los conocimientos.				
La autocorrección de los problemas mediante los simuladores ha sido de utilidad para el aprendizaje.				
La carga de trabajo para casa es adecuada.				
Se ha fomentado la participación en el aula.				
El tiempo empleado para el desarrollo de la UD ha sido suficiente.				

*** ¿Tienes alguna propuesta de mejora para esta Unidad Didáctica?**

CONCLUSIÓN

En este Trabajo de Fin de Máster se han estudiado los contenidos correspondientes al concepto ácido-base en el currículum de la ESO y Bachillerato, además de las problemáticas que aparecen a la hora de enseñar este concepto y las metodologías aplicadas para solventarlas.

El estudio realizado permite extraer diferentes conclusiones:

- En el currículum de 4º de la ESO se imparten conceptos básicos como la neutralización y la noción de ácido/base, mientras que en el curso de 2º de Bachillerato se imparten todos los contenidos sobre cálculo de pH, equilibrio ácido-base e hidrólisis de sales. La distribución de estos contenidos implica que muchos alumnos que no escogen la asignatura de Química en 2º de Bachillerato lleguen a los grados universitarios sin nociones de cómo calcular un pH o de qué ácidos/bases son débiles o fuertes. La forma de corregir esta situación pasa por modificar la ley vigente haciendo obligatoria la asignatura de 2º de Bachillerato o bien introduciendo ácidos y bases en 1º de Bachillerato.
- La dificultad en el aprendizaje de los conceptos sobre ácido/base estriba muchas veces en la dificultad que tiene el propio docente para explicarlos de forma clara, de la misma forma que los libros de texto cometen errores en la terminología y todo ello hace que el alumno encuentre este tema difícil o incomprensible.
- Las diferentes metodologías propuestas por varios autores recaban que los alumnos deben tener una participación activa en su aprendizaje, a la vez que estos conceptos se deben comparar con problemas cotidianos a los que se enfrentan los estudiantes a diario. Sin olvidarse de la necesidad de enseñar el ácido-base de una manera experimental y dinámica para motivar y favorecer el aprendizaje significativo de los alumnos.

- Las reacciones ácido-base suelen ser un problema para los estudiantes, ya que incluyen conceptos muy abstractos que la mayoría de los alumnos no tienen la capacidad de visualizarlos y nosotros como docentes debemos ayudarlos en esta tarea.
- La principal propuesta didáctica que figura en este Trabajo de Fin de Máster se basa en ayudar a los alumnos a comprender conceptos muy abstractos por medio de recursos visuales como los simuladores. Gracias a ellos, los alumnos podrán comprender a nivel microscópico cómo funciona un equilibrio ácido-base, la disociación de sustancias o calcular el pH de una reacción de neutralización. Para comprender los diversos conceptos ácido-base de una manera más significativo y funcional a nivel macroscópico es fundamental la experimentación en laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

1. LOGSE. Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. *Boletín Of. del Estado núm. 238*. **238**, 28927–28942 (1990).
2. Caamaño Ros, A. La secuenciación de los contenidos de química en el bachillerato. *Alambique Didáctica las ciencias Exp.* 69–85 (1998).
3. Consejería de Educación Castilla y León. Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Of. Castilla y León* **86**, 17975–17979 (2015).
4. Boletín Oficial del Estado. Ley Orgánica 2 / 2006 , de 3 de mayo , de Educación . *BOE núm. 106. Actual. 2011* 1–50 (2006).
5. Boletín Oficial del Estado. Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Of. del Estado* **295**, 1–64 (2013).
6. Consejería de Educación Castilla y León. Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Of. Castilla y León* **86**, 14058–14079 (2015).
7. Comunidad de Madrid. Consejería de Educación y Juventud. DECRETO 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. *Boletín Of. la Comunidad Madrid* 31–123 (2015).
8. Comunidad de Madrid. Consejería de Educación Juventud y Deporte. Decreto 48/2015, de 14 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Of. la Comunidad Madrid* 118–309 (2015).
9. Consellería de Educación y Ordenación Universitaria. Xunta de Galicia. Decreto 86/2015, do 25 de xuño, polo que se establece o currículo da educación

- secundaria obrigatoria e do bacharelato na Comunidade Autónoma de Galicia. *D. Of. Galicia* 25434–27073 (2015).
10. Consejería Educación, C. y D. EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA. *Boletín Of. La Rioja* 12368–12730 (2015).
 11. Generales, I. D. BACHILLERATO. 13481–13808 (2015).
 12. LOCE. Real Decreto 832/2003, de 27 de junio, por el que se establece la ordenación general y las enseñanzas comunes del Bachillerato. *Boletín Of. del Estado núm.159* 26039–26100 (2003).
 13. Ministerio de Educación y Formación Profesional. Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Of. del Estado* 61561–61567 (2020).
 14. Jiménez Liso, M. R. & Manuel Torres, E. de. La neutralización ácido-base a debate. *Enseñanza las Ciencias. Rev. Investig. y Exp. didácticas* **20**, 451–464 (2002).
 15. Furió, C., Calatayud, L. & Bárcenas, S. Deficiencias Epistemológicas En La Enseñanza De Las Reacciones Ácido-Base Y Dificultades De Aprendizaje. *TED Tecné, Episteme y Didaxis* (2000).
 16. Alvarado-Zamorano, C., Cañada-Cañada, F., Mellado, V. & Garritz, A. Dificultades en el aprendizaje de acidez y basicidad y el conocimiento didáctico del contenido de profesores mexicanos de bachillerato [Difficulties in the learning of acidity and basicity and the didactic knowledge of the content of mexican baccalaureate. 107–112 (2013).
 17. Drechsler, M. & Schmidt, H. J. Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching. *Chem. Educ. Res. Pract.* **6**, 19–35 (2005).
 18. González García, F. M. Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales.

- Enseñanza las Ciencias. Rev. Investig. y Exp. didácticas* **10**, 148–158 (2006).
19. Ballester, et al. El aprendizaje significativo en la práctica y didáctica de la geografía: prácticas del Seminario de aprendizaje significativo. *Rev. Educ. y Pedagog.* **14**, 97–110 (2002).
 20. Caicedo Prado, M. Aprendizaje colaborativo mediado como estrategia didáctica para la enseñanza del equilibrio químico ácido base. *TED Tecné, Episteme y Didaxis* 100–107 (2009).
 21. Zafra A., S. El Aprendizaje Total De Los Conceptos Científicos Ácido-Base. *TED Tecné, Episteme y Didaxis* (2001).
 22. Castro Lino, A. & Meléndez, L. S ecuencia didáctica en la enseñanza de “ ácidos y bases ” nivel secundaria Sequence teaching in the teaching of acids and bases to high level. (2007) doi:ISSN 2007-8412.
 23. Sánchez, G. & Valcácer, M. Diseño de Unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza las ciencias* **11**, 33–44 (1993).
 24. Salcedo Torres, L. E. & García García, J. J. Los suelos en la enseñanza de la teoría ácido-base de Lewis. Una estrategia didáctica de aprendizaje por investigación. *Enseñanza las Ciencias. Rev. Investig. y Exp. didácticas* **15**, 59–71 (1997).
 25. Antón, R. P. Blog educativo: Experimento casero lluvia ácida. <https://contarciencia.wordpress.com/2021/05/06/experimento-casero-lluvia-acida/> (2021).
 26. Pacheco, A. R., Lorduy, D. J., Flórez, E. P. & Páez, J. C. Uso de simuladores PhET para el aprendizaje del concepto de soluciones desde las representaciones en Química. *Rev. A BOLETÍN REDIPE* **10 (7)**, 201–2123 (2021).
 27. Ayón, E. B. & Vítores, M. Ciencias de la educación Artículo de revisión La simulación: Estrategia de apoyo en la enseñanza de las Ciencias Naturales en básica y bachillerato, Portoviejo, Ecuador. *Ciencias la Educ.* **6**, 4–22 (2020).

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

○ TABLAS

Tabla 1: Resumen de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Física y Química en el curso de 4º de la ESO.....	4
Tabla 2: Resumen de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Física y Química en el curso de 1º de Bachillerato.	5
Tabla 3: Resumen de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables para la asignatura de Química en el curso de 2º de Bachillerato.	6
Tabla 4: Resumen sobre las metodologías abordadas y los cursos en los que se aplican.	17
Tabla 5: Listado de libros analizados para diversos cursos escolares.	18
Tabla 6: Contenidos sobre la Unidad Didáctica “equilibrio ácido-base” para el curso de 2º de Bachillerato.	41

○ ESQUEMAS

Esquema 1: Contenidos sobre el tema ácido-base para el curso 2º de Bachillerato.....	22
Esquema 2: Secuenciación y momentos donde se utilizarán los simuladores.	44

○ FIGURAS

Figura 1: Resumen-organigrama de la secuencia del artículo escrito por Jiménez y Manuel.....	10
Figura 2: Aspecto general del simulador Macro pH scale	36
Figura 3: Observa el pH de la disolución	36
Figura 4: Selección de la sustancia de la que quieres medir el pH.....	37

Figura 5: Observa la variación del pH de la sustancia al añadir agua (dilución).	38
Figura 6: Aspecto general del simulador Micro pH Scale. Escala logarítmica del pH. ...	45
Figura 7: Escala lineal del pH.	45
Figura 8: Dilución de la disolución.	46
Figura 9: Observación del movimiento de las concentraciones de protones e hidróxidos tras la dilución.	46
Figura 10: Diversidad de opciones para visualizar mejor las especies en disolución. ...	47
Figura 11: Aspecto general del simulador Soluciones ácido-base.	48
Figura 12: Observación gráfica de las cantidades de las especies presentes en la disolución.	48
Figura 13: Cálculo de pH con diferentes indicadores.	49
Figura 14: Observación de la conducción de la electricidad.	49
Figura 15: Cambio de la concentración de la solución.	50
Figura 16: Variación del pH como consecuencia del cambio en la concentración de la solución.	50
Figura 17: : Aspecto general del simulador Laboratorio virtual pHmetro.	51
Figura 18: Cambio en la concentración de la sal.	51
Figura 19: Selección de la alícuota en la disolución problema.	52
Figura 20: Selección del indicador apropiado.	53
Figura 21: Valoración de la disolución problema.	53
Figura 22: Cambio de color al llegar al punto final de la valoración.	54