

Trabajo Fin de Máster

En Profesorado de E.S.O., F.P. y Enseñanzas
de Idiomas, Artísticas y Deportivas

Especialidad Física y Química

Máster en educación: la importancia de la
planificación en las propuestas didácticas

Master's degree in education:
the importance of planning in didactic proposals

Autor/es

Leo Sanjurjo Sebastián

Director/es

Ana María Aragüés Díaz

Facultad de Educación

2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. SOBRE LA PROFESIÓN DOCENTE	3
1.2. MI CAMINO ANTES DE LA DOCENCIA	4
1.3. LA VOCACIÓN DOCENTE ¿EL FINAL O EL PRINCIPIO?	5
1.4. MI PASO POR EL MÁSTER DE PROFESORADO	6
2. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE MIS PROPUESTAS DIDÁCTICAS	8
2.1. LO QUE ME HA ENSEÑADO EL MÁSTER: DE LA IDEA A LA PROPUESTA	9
2.2. CONTEXTO DE LA PROPUESTA 1	10
2.3. CONTEXTO DE LA PROPUESTA 2	14
2.4. PUNTOS EN COMÚN DE AMBAS PROPUESTAS: POR QUÉ TRATARLAS EN ESTE TRABAJO FIN DE MÁSTER	17
3. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS SELECCIONADOS	18
3.1. PROPUESTA 1: ¿QUÉ SÍ Y NO LLEVA EL AGUA QUE BEBEMOS? UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA QUÍMICA EN 2º DE BACHILLERATO	18
3.2. PROPUESTA 2: LOS 5 SENTIDOS DE LA TABLA PERIÓDICA. UNA PROPUESTA DE INNOVACIÓN DOCENTE	23
4. REFLEXIONES	28
4.1. REFLEXIONES SOBRE LA PROPUESTA 1	29
4.2. REFLEXIONES SOBRE LA PROPUESTA 2	33
5. CONCLUSIONES	38
6. BIBLIOGRAFÍA	40
7. ANEXOS	43

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SOBRE LA PROFESIÓN DOCENTE

El docente es una figura central en la sociedad moderna. El papel del docente en la sociedad tiene un impacto muy grande en cómo desempeña posteriormente la sociedad, ya que en la educación es desde donde se moldea la manera de pensar de las personas y, por tanto, su arquitectura interna, sus razones detrás de su toma de decisiones. Además, una ventaja para el docente es que la sociedad reconoce esta importancia, al menos *de jure*, lo cual se revela en diferentes estudios que ponen al profesorado de ESO como una profesión de prestigio, incluso por encima de otras como el psicólogo o el abogado (Fundación Europea de Sociedad y Educación, 2013).

De facto vemos como el docente, con todas las habilidades que debe poseer para gestionar un aula a nivel macro, y a la vez, a nivel micro, atendiendo a las necesidades educativas y no educativas de cada uno de los alumnos, es un trabajador cuya labor se encuentra en un proceso de devaluación. Ha habido, en el último siglo, un cambio tal que se ha pasado de considerar al profesor como una figura autoritaria a la que respetar; a deshumanizarlo: se observa la tendencia de que, aunque la sociedad como conjunto valora al docente, los agentes sociales que más en contacto se encuentran con él tienen cada vez una conducta menos respetuosa hacia el docente, particularmente en el caso de los alumnos, ante la cual no hay un patente apoyo parental -o incluso hay una promoción de dicha desacreditación- ni institucional (Varkey Foundation, 2018).

Muchos factores han podido influir en estos cambios, ante los que los docentes más veteranos se acostumbran y los nuevos nos preparamos. En algo estamos todos de acuerdo: el alumno es el centro de la educación, para lo bueno y para lo malo (intentando minimizar lo malo). El docente actual tiene que conseguir no solo que el alumno vea en él un modelo positivo de persona, de manera que se facilite el trato respetuoso, sino también empoderar al alumno y hacer que sea partícipe de su aprendizaje, hacer que sea autónomo, para que se consiga terminar formando a una persona íntegra y capaz. Por eso se suele decir que queda en segundo plano cuánto sabe un docente sobre su materia. Porque antes que formar personas que sepan la carga del electrón, todos los cabos de España o las irregularidades de los pasados de los verbos ingleses, es necesario formar personas que funcionen en la sociedad y que, en ella, tengan herramientas para ser felices.

1.2. MI CAMINO ANTES DE LA DOCENCIA

Soy graduado en Ciencias Ambientales y máster en Química Industrial por la Universidad de Zaragoza. Las muchas veces que he dicho estas palabras, de manera idéntica o parafraseadas, a personas que no me conocían, la primera pregunta que ha solido surgir es: *Y, con esa carrera, ¿de qué trabajas?* o, en su defecto la muy temida frase de: *Ah, ¿pero eso es una carrera universitaria?*

Definir *trabajar de lo mío* para un ambientólogo es complicado: todos mis compañeros han terminado realizando trabajos que tocan tangencialmente el medioambiente. La diversidad de posibles empleos es tan grande que cada uno toca *un poco* algo que has estudiado en la carrera y *unas muchas* otras cosas que te va a tocar aprender por tu cuenta.

Parece poco práctico estudiar una carrera tan inespecífica. Yo creo que las personas que estudian mi carrera no suelen pensar tanto en la practicidad, sino en lo que les gusta. Mi carrera se estudia porque interesa la cuestión medioambiental y la relación medioambiente y hombre, porque hay una consciencia sobre los desafíos medioambientales y de la necesidad de coordinar hombre y naturaleza para sostener o mejorar dicha relación: desarrollarnos como sociedad sin comprometer el potencial desarrollo de la siguiente generación.

Dada la multidisciplinariedad del grado, mientras lo cursas ves como surgen los gustos hacia sus diferentes ramas, más biológicas, más sociales o más científico-técnicas. En la jerga de la carrera se trata de *ambientólogos verdes* a aquellos cuyos intereses los llevan por los dos primeros caminos y disfrutan de las clases de ecología en mitad de la naturaleza y de *ambientólogos grises* a los que les gusta lo más técnico de la carrera y encuentran en los laboratorios el lugar donde satisfacer su sed de conocimientos. Es de esperar que esta división se dé al plantear una carrera que toca tantos palos: cada persona escora hacia sus gustos. No puedo decir que me encontrara en ninguno de esos grupos previamente a entrar en la carrera. De hecho, como muchos otros estudiantes, escogí mi carrera sabiendo poco sobre qué quería hacer: yo tenía claro que me gustaban las ciencias, pero acabado segundo de Bachillerato y exhausto tras la súbita profundidad que toman las materias durante ese curso, ninguna me *enganchó* lo suficiente.

Por ello decidí estudiar la carrera que más ciencias -de las que me gustaban- conectaba: ciencias ambientales.

1.3. LA VOCACIÓN DOCENTE ¿EL FINAL O EL PRINCIPIO?

Desde que recuerdo, tengo un feedback bastante importante desde mis personas más cercanas de que la docencia *es lo mío*. Me gusta explicar y hacer que la gente entienda cosas que no entendía antes, dar herramientas. Me lo *diagnosticaron* de pequeño: un familiar cercano se atrevió a cambiar de vida a sus casi cincuenta años, sacándose el graduado en ESO y una FP1 de auxiliar de enfermería. Yo tenía como catorce años. Recuerdo las tardes enseñando a mi tía lo que eran las fracciones o lo más básico del inglés. Incluso durante su formación en la FP, recuerdo explicarle el funcionamiento de las fases del bombeo del corazón o la función de diferentes órganos en el cuerpo humano. Sin embargo, en el momento de plantearme ser profesor, lo veía como algo limitante. Algo como decir *bueno, yo hasta aquí he llegado y más no voy a saber, porque me voy a dedicar a enseñar a otros*. Y a mí me encantaba -y me encanta- saber y aprender cosas nuevas.

Cuando terminé la carrera, con la cabeza bastante más fría que cuando la empecé, esa sensación de querer saber más no se había ido. Charlando con mis padres sobre qué hacer con mi vida, me volvieron a sacar el tema de la docencia, y lo rechacé de pleno. Lo hicieron en parte porque me conocen y porque hacía poco que había comenzado a dar particulares y me veían contento con ellas. Aun así, decidí formarme más en mi propio campo y conocer el mundo laboral que mi grado me ofrecía. A consecuencia, cursé el máster en química industrial. Pero, de nuevo, al terminarlo salí con aun más afán de conocer más acerca del mundo de la química y el medio ambiente, llegando hasta a plantearme cursar el grado en química. Los profesores que en el momento consideraba podían darme un buen consejo a ese respecto me alejaron de esa idea. “Tú ya tienes tu grado, hacer otro es retroceder. Especialízate.” Eso, sumado a sopesar el cursar otros cuatro años de carrera, echaron para atrás mi idea.

Al final, las decisiones son unidireccionales pero reconducibles. Yo no podría haberme dado cuenta de todo lo atractiva que me parecía la química si no hubiera estudiado mi grado y mi máster, por lo que lamentarse tiene poco sentido. Además, al poco de terminar el máster comencé a trabajar *de lo mío*. Primero como analista químico en una empresa de química inorgánica. Un trabajo cómodo, algo repetitivo, pero en un ambiente muy científico y con unos compañeros inmejorables. Sin embargo, el contrato era temporal e improrrogable y terminó al año. Mi siguiente y último empleo hasta la fecha me abrió los

ojos. Comencé a trabajar en una consultoría medioambiental en horario de oficina, con días interminables y trabajo monótono y poco exigente. Había días en los que, literalmente, no tenía nada que hacer. Seguía con las clases particulares, aunque dado el horario me costaba más llegar a ellas y me encontraba con menos ánimo para darlas.

Al reflexionar sobre mi situación lo vi claro: afrontaba con mucha más ilusión una maratón de cuatro horas de clases particulares, aunque fueran de refuerzo extremo antes de un examen y con todo el estrés y las adolescencias del mundo, que de cuatro horas de oficina. Y como pasamos aproximadamente un tercio de nuestra vida trabajando (y estirando un poco del dicho que dice *trabaja en algo que te gusta y no tendrás que trabajar nunca*), decidí dimitir y matricularme del máster.

1.4. MI PASO POR EL MÁSTER DE PROFESORADO

Al poco de comenzar el máster mis primeras sensaciones, que se mantendrían a lo largo de todo el semestre, fueron muy positivas, lo cuál reforzó mi intuición de que la decisión que había tomado era la acertada.

En el primer semestre recuerdo tener la sensación continua de pensar en cosas que das por hecho y, por tanto, que restas importancia o en las que no recaes, y es que, desde mi punto de vista, los docentes de ese semestre nos han hecho pasar por múltiples escenarios en los que hemos necesitado tener unas habilidades pedagógicas y de conocimiento de la situación que ellos mismos han tratado de transmitirnos en sus asignaturas.

En Sociedad, Familia y Procesos Grupales he llegado a comprender desde lo objetivo cuánto afecta el bagaje socioeconómico del entorno de un alumno a su desempeño potencial, es decir, cómo de dónde venimos afecta a dónde vamos y cómo el sistema educativo intenta paliar, de mejor o peor manera, estas diferencias de base y allanar el terreno para todos. Y en Psicología, aparte de tratar teóricamente qué *tipos de cabezas* podemos encontrarnos en nuestras clases, me han parecido muy interesantes las herramientas y recursos que nos han dado para enfrentarnos y adaptar nuestra labor educativa a cada una de ellas.

Las otras asignaturas del primer cuatrimestre han estado más relacionadas con la normativa detrás de la docencia y, si bien son igualmente importantes, no las considero tan satisfactorias. Hablo de Procesos y Contextos Educativos y de Diseño Curricular e

Instruccional de Ciencias Experimentales. En ellas, se explican conceptos que es necesario conocer para desarrollar de mejor manera el lado menos docente de la docencia: la burocracia; y que es, inequívocamente, una parte inseparable de la docencia. Pero aprender esos conceptos de memoria sin aplicación hace que tan pronto como los dejes de usar, se olviden (de hecho, docentes auténticos de instituto con los que he compartido lo que se imparte en estas asignaturas se sorprenden de que se de tanta importancia a esta parte de la formación). Remarca que la parte de procesos de enseñanza-aprendizaje y de la historia de las diferentes escuelas sí que lo considero interesante para mi formación (Procesos y Contextos Educativos).

En el segundo semestre, la utilidad de las asignaturas ha sido bastante más comedida. Aunque se aprecia un buen trasfondo, considero que no he aprendido todo lo que podría haber aprendido de haberse desarrollado las asignaturas con más rigor. Por ejemplo, en el caso de Innovación e Investigación Educativa, no considero haber aprendido cómo realmente innovar. La asignatura se ha centrado en darnos múltiples herramientas que, sin duda, tienen un gran potencial en la docencia. Es lo que me esperaba de una asignatura más al estilo de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Aprendizaje, ya que realmente no se nos ha preparado para innovar en las clases *sensu stricto*.

Otro ejemplo de esta situación se da en la asignatura con más peso del semestre, Diseño de Actividades, gracias a la cual he podido sacar un par de ideas para llevar a mis futuros alumnos al laboratorio. Sin embargo, no considero haber extraído mucho más de esta asignatura y, si bien el reflexionar sobre cosas que parecen sencillas y no lo son tanto siempre es útil, no considero que una asignatura pueda basarse únicamente en eso.

Una asignatura del segundo semestre que, para mí, ha tenido una alta utilidad es Contenidos Disciplinarios en Química, que nos ha hecho repasar toda la materia de química de segundo de bachillerato con sus pequeñas excepciones y conceptos más huraños para ajustar nuestros conocimientos a lo que en esos cursos se espera que podamos explicar. Por finalizar, la asignatura que definitivamente menos utilidad ha tenido para mí en este máster es Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Aprendizaje, donde literalmente nos han enseñado a hacer *buenos powerpoints* y nos han dado unas cuantas herramientas para introducir recursos TIC en el aula. Herramientas que son sobradamente conocidas y, las que no lo eran, y realmente eran interesantes, ya se habían explicado en Innovación.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DE MIS PROPUESTAS DIDÁCTICAS

El objetivo primordial de este Trabajo Fin de Máster es escoger dos propuestas elaboradas durante el máster para, al haberlo ya finalizado y desde una perspectiva global, poder realizar un análisis crítico de manera que se obtengan reflexiones y conclusiones sobre qué se puede mejorar de ambas propuestas, empleando para ello todos los recursos que nos ha dado esta formación.

A la hora de escoger dichas propuestas, he dudado, ya que considero que tres de las propuestas que he llevado a cabo durante mi paso por esta formación son interesantes y cabría justificarlas, compartirlas, y ponerlas bajo el ojo de la autocrítica. Sin embargo, me he decantado por las siguientes:

- *¿Qué sí y no lleva el agua que bebemos? Una propuesta didáctica para química en 2º de Bachillerato* (de ahora en adelante, propuesta 1), y
- *Los 5 sentidos de la Tabla Periódica. Una propuesta de innovación docente* (de ahora en adelante, propuesta 2).

Además de ser cercanas temática y estructuralmente, las he seleccionado porque son dos propuestas de las que estoy orgulloso y en las que he invertido esfuerzo e ilusión. Son mis dos primeros intentos de propuesta didáctica, donde he tenido que aplicar todos los conceptos que a fecha de su realización tenía gracias al máster y, por tanto, es esperable encontrar en ellas muchos aspectos a mejorar.

Creo, además, que el hecho de que las haya realizado individualmente y de la mejor manera que he sabido es un buen preámbulo para ponerlas en tela de crítica, pues el ejercicio de ver el error o la posibilidad de mejora en un material propio es desafiante, así como mantener la objetividad en dicho análisis ya que, en última instancia, reflejan lo que el yo de hace unos meses consideró buenas propuestas.

Más adelante esta sección, concretamente en los apartados 2.2 y 2.3, se encuentran descritos los contextos a partir de los cuales han surgido estas propuestas, es decir, el por qué de cada una, así como el hilo mental y procedimental que se ha llevado para transformarlas de una idea sencilla a toda una propuesta didáctica. Este proceso de dar forma a una idea y plasmarla en una actuación docente está descrito en el apartado 2.1.

2.1. LO QUE ME HA ENSEÑADO EL MÁSTER: DE LA IDEA A LA PROPUESTA

Una de las cuestiones que más agradezco que este máster me haya enseñado es cómo trasladar una idea docente, una actividad *boceto*, de la cabeza al papel. Un profesor no puede ir a clase con una idea hecha con cuatro palos y dos piedras, sin estructurar, sin matizar, y sin pensar en todos los *y si...* Que la idea pueda aplicarse de la mejor manera y que resulte fructífera para los alumnos y satisfactoria el llevarlo a cabo depende de no sólo de lo buena que sea, si no de lo bien *atada*, planificada, que esté (Versträte y Benegas, 2013).

Es de gran ayuda, por lo tanto, contar con un equipo docente con experiencia que cuente con métodos específicos para hacernos reflexionar sobre la idoneidad de la idea base, haciendo que nos fijemos en parámetros como el marco curricular, el nivel de la clase, las circunstancias específicas de la clase y de los alumnos; así como sobre el proceso de afianzar y convertir una idea en una propuesta docente sólida.

En el caso de estas propuestas, en particular, a partir de la idea principal he empleado la metodología sugerida desde las respectivas asignaturas con las que están relacionadas. En las siguientes figuras pueden verse los procesos mentales y de reflexión seguidos a la hora de dar estructura, sentido y cohesión a las propuestas, representando la figura 1 el mapa mental para la propuesta 1 y la figura 2, el de la propuesta 2.

En estas figuras, aunque se han representado los procesos mentales como lineales y unidireccionales, en realidad cada celda está conectada con casi todas las demás, y el orden no tiene por qué ser el que se describe. Al final, el docente pasa por todos esos procesos al diseñar una propuesta, pero no como procesos cerrados: puede no haber completado uno y empezar a elaborar el siguiente para luego volver atrás y modificar un poco la idea de partida (por ejemplo, si detecta algo del marco curricular que no le encaja con su propuesta).

Sin embargo, se ha decidido mostrar los procesos como lineales para facilitar su comprensión y también en parte porque, de tener un orden, sería el más lógico y probablemente en el que más docentes coincidan. Por otro lado, porque así se nos han presentado en las respectivas asignaturas. Como se puede apreciar al contrastar ambas figuras, aunque la naturaleza de cada propuesta es diferente, los procedimientos de formalización descritos son muy similares.

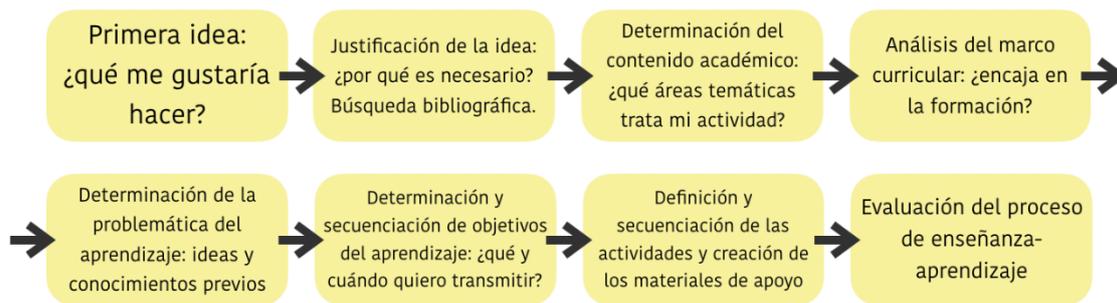


Figura 1. Secuenciación seguida a la hora de diseñar la propuesta 1.

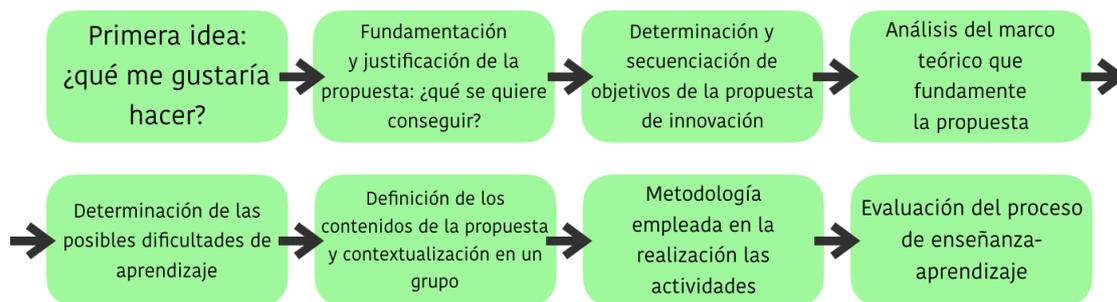


Figura 2. Secuenciación seguida a la hora de diseñar la propuesta 2.

2.2. CONTEXTO DE LA PROPUESTA 1

2.2.1. La propuesta dentro de la asignatura

La primera propuesta se llevó a cabo como parte de un trabajo de la asignatura de Diseño de Actividades de Aprendizaje de Física y Química. Concretamente, en esta actividad se pedía diseñar una propuesta de actuación docente que resultara en una actividad a llevar a cabo en el aula o fuera de ella. Dicha actividad debía ajustarse a uno o varios contenidos académicos del currículo de física y química para alguno de los cursos en los que se imparte esta asignatura y, tras hacer un análisis del marco curricular, determinar la intención final educativa de la actividad, con unos objetivos claros y una metodología concisa a la hora de desarrollarla.

Además, la actividad debía estar dividida en tres fases diferenciadas: una actividad de iniciación, una actividad de desarrollo y una actividad de conclusión. De estas tres subsecciones, debía estar completamente descrita y detallada una de ellas, siendo únicamente necesario describir las directrices generales para proceder con la actividad en las otras dos.

2.2.2. Materializando la idea base de la propuesta

Con este marco de actuación, en primera instancia y contrastando con mis compañeros, pude saber que, a diferencia de la experiencia que viví yo en el bachillerato, donde tanto en física y química de primero como en química de segundo pasé varias veces por el laboratorio y pude llevar a cabo actividades y experiencias que, como cabría esperar por lo descrito por múltiples autores que enaltecen el enfoque más práctico de la asignatura, complementaron mi formación y facilitaron el estudio de la asignatura (Duque *et al.*, 1997; Sanmartí, 2009), muchos de ellos no habían tenido esa suerte y habían pasado por bachillerato sin hacer siquiera una práctica.

Ese hecho me recordó como hace un par de años tuve que preparar para selectividad a un alumno, concretamente la asignatura de química e, idénticamente, el alumno terminaba definiendo el concepto y el funcionamiento de una valoración habiéndolas visto únicamente desde la teoría, cosa que a mi parecer no sólo es complicado, sino que además es una clara oportunidad perdida de facilitar la entrada de conceptos en el alumno con una práctica sencilla.

Por ello, en un primer boceto mental, pensé en llevar a cabo una actividad de laboratorio que introdujera de manera práctica el concepto de ácido y base y sus reacciones. En mi paso por la carrera he tenido el placer de hacer innumerables volumetrías de diferente naturaleza química: complexometrías, volumetrías ácido-base, de precipitación... Por lo que contaba, a priori, con recursos suficientes como para ofrecer una actividad que resultara interesante a la par que didáctica. Sin embargo, tras hacer un análisis somero de dichas experiencias me di cuenta de que quizás el nivel de comprensión de los procesos químicos era algo alto para un nivel de primero de bachillerato, hacia donde tenía intención de encaminarlo. Dado el reconocimiento que tiene la importancia de los conocimientos previos del alumno en su proceso de aprendizaje (Ausubel *et al.*, 1983) decidí plantarme realizar la actividad en segundo de bachillerato.

Revisando mis prácticas de laboratorio de la carrera llegué a un tema que me encajaba perfectamente con lo que quería hacer: el análisis de aguas. El tema encajaba ya que, además, se nos sugirió emplear sucesos o cosas cotidianas en nuestras propuestas para hacerlas más cercanas y, también, en base a que el uso de sucesos del día a día en las propuestas didácticas favorece el aprendizaje significativo (Rivera, 1996; Aragón, 2004).

2.2.3. Determinando el contenido a tratar y análisis del marco curricular: la justificación a la propuesta

A raíz de esta idea, en un principio pensé en realizar un sencillo análisis comparativo entre una muestra de agua natural y de residual, para ver la importancia de la composición química de las aguas que bebemos y cómo la adición de determinadas especies la hacen inadecuada para su uso de boca, pero los equipos necesarios para realizar análisis de aguas residuales son muy técnicos, y las metodologías empleadas para el análisis requieren algo más de seriedad que lo que cabe esperar en un laboratorio de bachillerato (Reynolds, 1978). Además, la propuesta crecía al incluir aguas naturales y residuales: la parte de fundamento teórico, que correspondería con la actividad de iniciación, quedaba demasiado amplia y tocaba demasiados conceptos y especies químicas nuevas, dado el carácter variado de los componentes de las aguas residuales. Esto suponía bombardear más al alumno con nuevos conceptos, lo cual quise evitar dada la carga de trabajo que ya llevan en este curso.

Por ello, y tras el consejo de los docentes, decidí limitar la temática a aguas naturales, que suelen estudiarse junto a las aguas potables al ser composicionalmente similares. De esta manera, la actividad hablaría un poco sobre qué son las aguas naturales y qué especies químicas hay asociadas a ellas en la iniciación, se llevaría a cabo algún experimento en el laboratorio para el desarrollo y se concluiría de alguna manera aun por determinar.

La parte que, a mi parecer, fue la más interesante a la hora de hacer este trabajo, fue el análisis del marco curricular asociado a la propuesta. Yo tenía claro que quería hacer una actividad de laboratorio, pero me planteé si era suficiente el conocimiento de los alumnos en segundo de bachillerato como para entender un proceso ácido-base más allá del típico de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio usando fenolftaleína como indicador. Desde luego, la actividad cuadraba a las mil maravillas en segundo de bachillerato: este curso se encuentra secuenciado en cuatro bloques, de los cuales el cuarto trata las reacciones químicas concretas, entre las que se incluyen los conceptos de reacción ácido-base, ácido/base fuerte y débil, volumetrías, disoluciones reguladoras del pH, equilibrio red-ox, oxidantes y reductores, estequiometría, celda electrolítica y pilas galvánicas, entre otros. Por ello, emplear una sesión de laboratorio para afianzar conceptos me parecía idóneo.

Sin embargo, continuando con la duda de si el nivel de la actividad era demasiado alto y, para mi sorpresa, al analizar el currículo de química desde segundo de ESO hasta primero de bachillerato me encontré un gran vacío conceptual en lo relacionado con los ácidos y las bases. ¿A qué se podía deber esto? A lo largo del máster, al cursar la especialidad de física y química, yo ya había reparado en que la asignatura de química tiene independencia de la física únicamente en segundo de Bachillerato y, hasta entonces, comparte horas con la física.

Debido a esto, no es hasta que se selecciona física y química *motu proprio*: en cuarto de ESO, cuando aparece ya en el bloque 3, *los cambios químicos*, el criterio de identificación de ácidos, bases, predecir las reacciones de neutralización, junto con otros conceptos que se ve intentan comenzar a profundizar (reacción endotérmica y exotérmica, ajustes estequiométricos...). Aunque aparecen los primeros conceptos relacionados con ácido base, ni siquiera se distingue entre ácido o base fuerte y débil o se discute acerca de qué hace que una sustancia sea ácida o básica. Por último, en primero de bachillerato, la asignatura aún está compartida con física, por lo que sólo la mitad (o algo menos) del curso se dedica a la química. Esto obliga a escoger materia a impartir, en la cual la química de los ácidos y las bases se queda fuera, volviendo a no aparecer en el currículo oficial.

No es hasta segundo de bachillerato cuando realmente se comience a explicar cuantitativamente la química de los ácidos y las bases, con lo que ello conlleva: explicar súbitamente todos estos conceptos tras un año sin estudiar este tipo de reacciones (1º de bachillerato) y con unos pocos conceptos en la cabeza como que un ácido y una base fuertes en disolución forman sal y agua (4º de ESO). De hecho, es habitual encontrar alumnos que confunden ácidos y bases, liberando protones de moléculas como el NaOH y hidróxidos del ácido fosfórico.

Sin embargo, en este curso se les va a bombardear con una gran variedad de conceptos en relación con los ácidos y las bases. Aparecerán las K_a y K_b , con sus respectivas pK_a y pK_b , de las que tendrán que intuir la fuerza o la debilidad de los ácidos y las bases. Se les explicará que existen ácidos capaces de liberar más de un protón a la disolución y que, además, no liberan todos los protones de la misma manera. Se enfrentarán a aparentes contradicciones como que el ácido expuesto como el más fuerte (HCl) da, a una misma concentración, un pH más alto que el ácido sulfúrico y que, por lo tanto, la fuerza de un ácido no determina lo ácido que es. Para rizar el rizo, se les explicará que el

comportamiento ácido o básico no depende de los protones y los hidróxidos, sino que hay diferentes aproximaciones (Brönsted, Lewis, Arrhenius). Todo ello partiendo de la base con la que cuentan entonces: no la suficiente (Sheppard, 2006).

Teniendo en cuenta que, contando con el currículo actual que refleja la normativa vigente, esta situación se va a dar ineludiblemente, decidí adaptar mi boceto de propuesta a las actividades de laboratorio más sencillas y que menos quebraderos de cabeza fueran a dar a mis potenciales alumnos: las más ajustadas al temario y que de verdad pudieran ser para ellos un buen complemento en su proceso de enseñanza. Así pues, definiendo esa actividad como la parte de *actividad de desarrollo*, decidí destinar las otras dos partes del trabajo, las actividades de iniciación y conclusión, a complementar a esta primera, que se encuentra descrita en el apartado 3.1.

Sintetizando lo anterior, esta propuesta tiene la finalidad principal de aprovechar la facilitación de comprensión acerca de una parte de la materia que supone realizar una experiencia práctica especialmente cuando, fuera del contexto académico, dichos contenidos tienen un eminente enfoque práctico o utilitario (como se ejemplifica con el análisis de las aguas, en este caso, en lo relacionado con los ácidos y las bases).

2.3. CONTEXTO DE LA PROPUESTA 2

2.3.1. La propuesta dentro de la asignatura

La segunda propuesta se llevó a cabo como parte de un trabajo de la asignatura de Innovación e Investigación Educativa en Física y Química. Concretamente, en esta actividad se pedía diseñar o un proyecto de investigación docente o un proyecto de innovación docente. En mi caso, me decanté por la segunda opción. El objetivo de esta actividad, dentro de la asignatura, era poder diseñar una propuesta que luego se llevase a cabo durante el transcurso del Prácticum II.

De esta manera, en el caso de desarrollar cualquiera de las dos modalidades, se podría realizar en el aula y, posteriormente, hacer un análisis sobre los resultados obtenidos: ya sea dentro de la actividad investigadora, en el caso del proyecto de investigación, en cuyo caso deberían estar bien definidos los parámetros a estudiar previamente; o del desempeño del proceso de enseñanza-aprendizaje y consecución de objetivos en el caso de un proyecto de innovación.

2.3.2. Materializando la idea base de la propuesta

Volviendo a las secuenciaciones referenciadas en el punto 2.1. de este trabajo, volví a pensar en qué me gustaría transmitir a los alumnos. Más bien, en qué otro tema me gusta para darle un enfoque innovador y consideraba pudiese ser útil para su formación. Y se me ocurrió abordar la tabla periódica.

Pensé en que la tabla periódica se trata como un alienígena durante la ESO y el bachillerato, cuando en realidad es una de las herramientas más útiles a la hora de hacer química. Sin embargo, por toda la información que se puede extraer de ella y los conocimientos de base que hacen falta para saber interpretarla en su totalidad, se emplea de manera selectiva y sin verdaderamente explicar sus propiedades periódicas (Campbell, 1989; Omar, 2017; Franco *et al.*, 2012).

En una primera idea, sabía que quería explicar algo acerca de la tabla periódica, nada nuevo, pero sí empleando una metodología docente que verdaderamente ayudase a los alumnos a entender, al menos, parte de ella, para no verla meramente como un sitio donde consultar la masa atómica de los elementos. Estuve sopesando si aplicar esta propuesta a la formulación, en un intento de desistematizarla y enfocarla desde un punto de vista que implicara un mayor razonamiento y menos *aprender valencias de memoria*. Sin embargo, no logré materializar un método por el que enseñar formulación razonando: es algo que me he dado cuenta es mucho más sencillo de hacer *a posteriori*, cuando ya se está más familiarizado con conceptos como anión y catión mono, di y polivalente, con aniones y cationes poliatómicos, etc. Y no al nivel en el que se introduce la formulación.

Por ello, mi siguiente idea, y la que finalmente vio la luz para desarrollar la propuesta a partir de ella, fue la de explicar las diferentes propiedades de la tabla periódica, con el objetivo de que verdaderamente entendiesen por qué cambian ciertas propiedades atómicas según nos movemos por la tabla periódica en horizontal o vertical.

2.3.3. Determinando el contenido a tratar y análisis del marco curricular: la justificación a la propuesta

Una vez con la idea clara y situándola en el marco curricular adecuado, es decir, en cuarto de ESO, donde se comienza a estudiar la tabla periódica con más profundidad y sus propiedades, decidí introducir la innovación en la propuesta en tanto que iba a organizarla

en base a un aprendizaje cooperativo y a un juego en el que los alumnos, además de fabricar sus propios materiales, debían explicarse unos a otros las diferentes propiedades, ya que numerosos estudios demuestran la eficacia de la docencia a través de la gamificación y el aprendizaje cooperativo (Barab *et al.*, 2010). Para ello, pensé que sería acertado organizarlos en grupos y que cada uno tratase una propiedad, así que seleccioné cinco propiedades para cinco grupos de cinco personas (una clase estándar de 25 alumnos). Las propiedades seleccionadas fueron: electronegatividad, radio atómico, afinidad electrónica, energía de ionización y reactividad.

En su momento, recuerdo cómo nos hicieron aprendernos las propiedades de la tabla de memoria, tal que *todas las propiedades crecen al ir hacia arriba y la derecha (electronegatividad, afinidad electrónica, energía de ionización) o, si hay distinción entre metales y no metales, hacia los extremos (reactividad), salvo el radio atómico, que va al revés*. Este enunciado es de todo menos una regla práctica, dados todos los *peros* que tiene. Y yo me pregunto, ¿no es mucho más sencillo hacer más hincapié en *por qué* cambian las propiedades de esa manera y cómo están relacionadas entre ellas? Así se permite al alumno conocer qué pasa en realidad y, razonando, puede extraer siempre con facilidad, al comparar dos o más elementos, cómo van a variar las distintas propiedades en ellos. De hecho, una vez que se analiza el por qué de cada propiedad, puede verse que los motivos subyacentes muchas veces son reinterpretaciones de un mismo suceso y, por tanto, la interrelación entre las propiedades se da de manera muy patente (Petrucci, 2011).

Aunque es, desde luego, mucho más fácil para el docente (y quizás a corto plazo también para el alumno) emplear estas reglas, siempre he considerado que en educación se abusa de ellas: en matemáticas aprendemos de memoria las identidades notables o las razones trigonométricas de los principales ángulos, siéndonos luego muy difícil discurrir por qué el seno de un ángulo de 30° siempre es 0,5. Se nos enseña que para resolver una ecuación que lleve una incógnita dentro de un logaritmo neperiano, debemos elevar el número e al resultado de dicho logaritmo, sin saber qué es realmente el número e .

El uso de estas proposiciones universalizadas en la docencia resta poder al alumno, ya que, como defiende el constructivismo, no se da un aprendizaje significativo con el aprendizaje memorístico si no hay una motivación y, tampoco, si no se le da un sentido para la persona que aprende (Piaget, 1969; Vygotsky; 1978; Ausubel *et al.*, 1983): le hace tener fe en que *algo es así porque se lo han enseñado*. La ciencia se ha venido esforzando

en romper con la creencia fácil y popular en pos de la búsqueda de la realidad más objetiva. ¿No es entonces este enfoque de la enseñanza una manera de convertir la ciencia en una religión más? En mi opinión, dar al alumno los medios para que consiga razonar por sí mismo es permitirle tomar las riendas de lo que aprende.

De nuevo sintetizando, esta propuesta tiene la finalidad principal de aprovechar la innovación y el juego para emplear metodologías dinámicas que provocan que el alumno razone e integre en su entendimiento las razones subyacentes a diferentes fenómenos como son los cambios en las propiedades de los átomos a lo largo de la tabla periódica, dejando a un lado metodologías que explican conceptos de manera somera o sistematizada y que no proporcionan un valor real de conocimiento al alumno.

2.4. PUNTOS EN COMÚN DE AMBAS PROPUESTAS: POR QUÉ TRATARLAS EN ESTE TRABAJO FIN DE MÁSTER

Pese a que llevé a cabo estas propuestas en momentos diferentes y sin intención alguna de vincularlas temáticamente, es sencillo ver un propósito común e inconsciente en ellas.

Si nos fijamos en las síntesis que llevo a cabo al final las justificaciones de cada propuesta, es decir, de realmente qué me impulsó a desarrollar las propuestas tal y como las hice, puedo extraer que ambas comparten el hecho de intentar suplir ciertas carencias conceptuales que los alumnos presentan en determinados niveles mediante el uso de metodologías activas que implican al alumno y que intentan hacer que lo aprendido sea mediante el razonamiento para que perdure.

En el caso de la propuesta 1, se intenta suplir la carencia curricular en todo lo relacionado con ácido-base, intentando que la actividad sirva como un *punte* que conecte la química con los alumnos desde una metodología tan comprometedora para el alumnado como es realizar prácticas en el laboratorio, que suelen ser realizadas con entusiasmo y que impactan en el alumnado. Esta faceta *impactante* del laboratorio es, al final, una ventana de aprendizaje a través de la cual podemos introducir conceptos que perduren.

En el caso de la propuesta 2, se intenta razonar acerca de por qué cambian las propiedades de los átomos en la tabla periódica de manera aparentemente ordenada según nos movemos vertical u horizontalmente mediante una combinación de juego, indagación, divulgación y aprendizaje cooperativo.

3. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS SELECCIONADOS

A continuación, se procede a describir de manera somera en qué consisten las dos propuestas seleccionadas para este Trabajo Fin de Máster. Para ello, y con objeto de permanecer fiel a las propuestas, se seguirá en la descripción de ambas el orden de apartados en los que se encuentran originalmente estructuradas. Se concluirá cada propuesta con una breve conclusión personal acerca de la misma.

En este apartado se lleva a cabo una descripción resumida de ambas propuestas, no se puede pretender entrar en todos sus detalles. A consecuencia, y para la conveniencia del lector, los documentos originales de ambas propuestas se encuentran anexados al final de este texto para su facilitar su consulta y análisis.

3.1. PROPUESTA 1: ¿QUÉ SÍ Y NO LLEVA EL AGUA QUE BEBEMOS? UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA QUÍMICA EN 2º DE BACHILLERATO

El documento que sustenta esta propuesta didáctica está dividido en cinco grandes apartados, que se describen a continuación:

- 1. Introducción**
- 2. Contexto didáctico**
- 3. Secuenciación de objetivos y secuencia de actividades**
- 4. Descripción de las actividades**
- 5. Reflexiones y conclusión**

3.1.1. Introducción

La introducción de este trabajo recoge una justificación temática en la que se remarca la cotidianidad del agua y, por tanto, su idoneidad a la hora de emplearla como recurso didáctico (Fernández y Rodríguez, 2016; Rodríguez y Blanco, 2016; Balukovic et al., 2015; Carretero, 2011; García, 2010). Concretamente, se pone de relieve cómo desde la química de bachillerato se abordan poco las propiedades del agua, tratándose más en biología y, por tanto, dejando a un grupo de alumnos sin conocerlas. Dado que ni siquiera se toca lo más esencial del agua, es de esperar que no se traten otros menesteres relacionados con ella como la composición química de los diferentes tipos de agua con los que el hombre tiene contacto, que clasifica como naturales, potables y residuales.

La introducción continúa aclarando la intención educativa general de la propuesta: acercar la química del agua a los alumnos para satisfacer cuestiones básicas a las que se enfrentarán profesionalmente o en el día a día. Se hace referencia a preguntas que probablemente el alumno al que va dirigida esta propuesta aún no sepa responder, y se incide en que el propósito es que puedan responder a éstas y otras preguntas más técnicas.

La introducción se termina con el establecimiento de los objetivos de la propuesta didáctica. El principal: ampliar horizontalmente los contenidos del bloque cuatro “las reacciones químicas” para sacarlo de la metodología de realizar sistemáticamente problemas relacionados con ácidos, bases y pH, dándole un enfoque innovador, impactante, visual y práctico y, a la vez, realizar una primera aproximación a la química del agua y su problemática.

3.1.2. Contexto didáctico

En este apartado se trata la estructura de la asignatura de química de segundo de Bachillerato y de cómo ésta es como una pequeña *química general* dividida en cuatro bloques: la actividad científica; la estructura y propiedades de las sustancias; las reacciones químicas como una introducción general y desde un enfoque termodinámico; y reacciones químicas concretas, como las ácido-base o las red-ox. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis del marco curricular donde se hallan evidencias del déficit de formación curricular en temas de ácido base, como ya se ha descrito en el apartado 2.2.3 de este trabajo donde se justifica la importancia de tratar este contenido.

3.1.3. Secuenciación de objetivos y secuencia de actividades

En este apartado se establece, por un lado, que van a realizarse tres actividades dentro de la propuesta: una de iniciación, una de desarrollo y una de conclusión, y que su secuenciación a lo largo de la aplicación de la propuesta será el propio orden en el que han sido nombradas.

Por otro lado, se procede a secuenciar los objetivos descritos en el apartado primero de introducción. Es decir, se pretende asociar cada uno de los objetivos propuestos a un momento puntual de la propuesta en el que se busca que se consigan. Se persigue que la consecución del objetivo se de en la actividad de mayor trascendencia de la propuesta: la actividad de desarrollo.

3.1.4. Descripción de las actividades

Actividad de iniciación: introducción a la química del agua

En esta parte de la propuesta se detallan las tres actividades en las que consiste. La primera, la actividad de iniciación, se describe como una actividad de una hora de duración de clase presencial en el aula en modalidad de clase magistral. En esta sesión, el profesor detallará los conceptos como agua potable, natural y residual, diferenciándolos, aunque el grueso de esta clase recae en la introducción de los parámetros químicos esenciales a determinar en la caracterización de aguas naturales y potables: tanto aniones y cationes típicos como otras propiedades como el pH, la conductividad, la dureza o el residuo seco. Además, se darán rangos cuantitativos de abundancia de estas especies y de cómo intervienen en las características del agua.

Actividad de desarrollo: experiencia de laboratorio

Esta actividad supone el eje central de la propuesta, por lo que se realiza una descripción completa de la misma. En la introducción a esta actividad se describe su duración: dos sesiones diferentes de una hora cada una. A la primera sesión (sesión 1) se la denomina *fase de preparación*, mientras que a la sesión 2 se la denomina *fase de realización del experimento*. Por último, se especifica que previo a la sesión 1 (preferentemente durante la actividad de iniciación) se dividirá a los alumnos en grupos de cuatro o tres personas, y se les pedirá que traigan, a la sesión 1, una botella de agua mineral comercial sin abrir o alterar de un litro y medio o dos litros. Se especifica que los alumnos habrán de ponerse de acuerdo para, en ningún caso, traer dos grupos la misma botella.

Actividad de desarrollo – *fase de preparación*

La *fase de preparación* comienza con el profesor recogiendo las botellas de los grupos de alumnos. Esta fase tiene como propósito preparar a los alumnos para la sesión 2: el profesor dará a cada alumno un guion de la práctica que contendrá todos los pasos a seguir para que tomen nota durante la sesión 1 y lo empleen durante la sesión 2. Además, este guion contendrá unas preguntas previas que será necesario realizar y mostrar al docente antes de entrar en el laboratorio al comienzo de la sesión 2. Contando con el guion, durante la sesión 1 el docente explicará a los alumnos lo que se va a hacer en la sesión 2, mostrando los materiales y las sustancias que se emplearán posteriormente y, en todo caso, advirtiendo sobre la peligrosidad de dichas sustancias y del experimento en general.

Es, por tanto, otro objetivo de esta sesión que los alumnos se familiaricen con el material que van a emplear en la siguiente sesión a modo de toma de contacto. Un propósito de esta sesión es hacer ver a los alumnos que es muy importante llevar las medidas de seguridad por lo que, aunque se permitirá la esporádica remoción de dicho material, se hará hincapié en que durante la sesión 2 cualquier alumno visto sin sus medidas de protección será inmediatamente expulsado del laboratorio.

La sesión 1 concluye con el docente trasvasando 500 mL de cada botella a frascos lavadores de laboratorio, de manera que solo el profesor sepa qué agua hay en cada frasco. A estos frascos, el profesor añadirá uno más, que contendrá agua natural (de un río u otra fuente) y que, en caso de que sea turbia, se filtrará para hacerla pasar por un agua más. A consecuencia de esto, retirará el agua de un grupo. Los alumnos no tendrán constancia de esto, ya que el objetivo de este “truco” es desconcertar a un grupo con sus resultados, diferentes a los de sus compañeros, para fomentar la reflexión acerca de qué puede estar sucediendo.

Actividad de desarrollo – fase de realización del experimento

La *fase de realización del experimento* comenzará comprobando que los alumnos han realizado las cuestiones del guion y que llevan todas las medidas de seguridad equipadas. Se apelará a la responsabilidad colectiva para que todos lleven dichas medidas continuamente y se pedirá que de ver a alguien que no lo respete, se comunique al profesor, recordando la condición de que no está permitido quitárselas.

Tras esto, el profesor proporcionará un frasco con agua desconocida a cada grupo, sobre la cual llevarán a cabo tres análisis diferentes: determinación de la dureza del agua por complexometría; determinación de cloruros por volumetría de precipitación y determinación del pH y la conductividad del agua. En el texto de la propuesta se hallan descritas paso a paso las tres metodologías a llevar a cabo especificando cantidades, reactivos y precauciones en cada caso, que se pueden consultar en el Anexo 1 donde se adjunta la propuesta completa.

Una vez terminada la experiencia de laboratorio, tendrán que realizar en casa los cálculos pertinentes para poder determinar la cantidad de cloruros y la dureza de su agua problema de cara a la última actividad.

Actividad de conclusión: cálculos relativos a la actividad y reflexión social-medioambiental

Para esta actividad, que estará dividida en dos sesiones, se empleará una hora y media. En la primera sesión, de una hora, se emplearán los primeros 45 minutos en corregir los ejercicios del guion y los cálculos de dureza y cloruros. Los 15 minutos restantes se destinarán a determinar y discutir qué marca de agua cree cada grupo que ha analizado en relación con los resultados de sus análisis, esperando que los alumnos vean la *trampa* del grupo que ha analizado un agua externa a lo que ellos conocían.

La segunda sesión, de 30 minutos, cerrará la propuesta con un pequeño debate cuyo tema se decidirá en base a los objetivos de la propuesta que más desatendidos hayan quedado, aunque se proponen algunos temas en el propio documento.

3.1.5. Reflexiones y conclusión

El documento de la propuesta concluye reconociendo la ambición de la propuesta y de que, si bien segundo de Bachillerato es un curso que demanda tiempo, desarrollar esta propuesta no juega en contra de los alumnos en ese aspecto, sino que fomenta y mejora la calidad del aprendizaje, a la vez que afirma que el acercamiento de la materia a su uso práctico y a la realidad de los alumnos es clave para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje.

3.1.6. Conclusión personal acerca de esta propuesta

Esta propuesta me parece un ejemplo de una inclusión sólida del laboratorio en las clases, la parte más práctica y dinámica de la química. Es una manera de acercar a los alumnos a lo que es la química realmente, es decir, darles una oportunidad de conocer, aunque de manera muy superficial y simplificada, lo que hacen las personas que se dedican a la química, en qué entorno se encuentran y cómo lo gestionan, lo cual tiene un valor también de orientación de cara a la elección de estudios próximos. Por otro lado considero que, en una educación idónea, esta debería ser la manera de introducir los asuntos relacionados con método científico e investigación que se incluyen a lo largo del currículo de ESO y bachillerato ya que, al implicar al alumnado, se consigue transmitir hacia ellos mucha información no implícita y que les cala hondo: manejar un Erlenmeyer, una probeta o una bureta en el laboratorio es lo que hace que sepas identificarlos, no estudiarlos a partir de dibujos de un libro de texto.

3.2. PROPUESTA 2: LOS 5 SENTIDOS DE LA TABLA PERIÓDICA. UNA PROPUESTA DE INNOVACIÓN DOCENTE

El documento que sustenta esta propuesta didáctica está dividido en cinco grandes apartados, que se describen a continuación:

1. **Introducción**
2. **Objetivos**
3. **Fundamentación basada en estudios previos**
4. **Metodología**
5. **Evaluación**

3.2.1. Introducción

En la introducción de esta propuesta de innovación docente se trata cómo la tabla periódica, siendo un concepto clave dentro de la enseñanza de la física y la química (Criswell, 2007; Petrucci, 2011), es un paradigma a la hora de ser enseñada por los docentes, a los que les cuesta encontrar el método adecuado para hacerlo. La introducción remarca cómo la tabla ordena no sólo los elementos por su masa atómica, como aparentemente lo hace (y es el único patrón que se observa a simple vista), sino que su estructura entraña diversas relaciones no sólo entre grupos y periodos sino incluso en movimientos de caballo de ajedrez (Rayner-Canham, 2000), y cómo esto es realmente invisible para los alumnos al ver en ella, al menos al principio, nada más que un montón de letras y números sin orden alguno, más allá del radio (Campbell, 1989).

3.2.2. Objetivos

La propuesta expone ocho objetivos, de los cuales tres son principales y los otros cinco, de carácter más secundario y transversal. Los tres objetivos principales son, de manera resumida, conseguir que el alumnado aprenda las propiedades seleccionadas de la tabla periódica para predecir cómo cambian entre elementos; conseguir que el alumnado comprenda por qué se dan dichas tendencias y que relacione que la razón subyacente a cada una se puede explicar prácticamente de la misma manera; y conseguir que los alumnos puedan explicar dichas propiedades a sus compañeros, así como sus razones subyacentes, y que éstos puedan seguir la explicación exitosamente.

3.2.3. Fundamentación basada en estudios previos

En el marco teórico, la propuesta describe la importancia percibida por los docentes que tiene la tabla periódica, y de cómo la practicidad científica que tiene el conocerla se ve mermada por la dificultad general que supone el cómo enseñarla correctamente desde un punto de vista docente (Criswell, 2007). En este punto se detallan también cuestiones que se han planteado varios estudios sobre la tabla periódica, así como enfoques que han dado otros estudios de tipo gamificación (Franco *et al.*, 2012; Omar, 2017).

Posteriormente, se tratan las posibles dificultades de aprendizaje de esta propuesta. Entre ellas, conceptos erróneos como pensar que los elementos de la tabla, independientemente de en qué dirección, comparten características si están cerca como el color o el estado de la materia, demostrando la dificultad que supone el saltar de las características macroscópicas o visuales a las micro. Otra dificultad que se trata es que a los alumnos les cuesta visualizar el concepto de periodicidad en la tabla, al, a primera vista, no ser nada periódica en ninguno de sus datos.

Se concluye este apartado especificando las dificultades específicas que caben esperarse de cada objetivo. Para los objetivos principales descritos en el punto anterior, resumidamente, cabe esperar la dificultad principal de que no cuenten con los conocimientos previos suficientes. Si fallan conceptos como la interacción entre cargas, la reactividad química, el ion, la regla del octeto y las configuraciones electrónicas, entre otros, el alumnado tendría problemas a la hora de comprender las razones detrás del cambio de propiedades de la tabla periódica.

3.2.4. Metodología

La metodología de esta propuesta comienza enmarcando sus contenidos en el marco curricular, para lo cual se lleva a cabo un análisis de este, relacionando la propuesta con aquellos objetivos generales de la asignatura que satisface. La propuesta defiende que se lleve a cabo su desarrollo en el curso de primero de Bachillerato pese a que, en base a un estricto análisis del marco curricular, encaja mejor en cuarto de ESO, exponiendo los objetivos de 4º de ESO que satisface. Sin embargo, se recalca esa elección en base a que en la parte de este curso en la que se deberían explicar los contenidos que trata esta propuesta, se les suele dar más importancia a otros contenidos del bloque, como la formulación inorgánica y orgánica. Esto resulta en que sea habitual que los alumnos no

tengan claro u olviden qué son esas propiedades, qué implican, cómo cambian o a qué se deben. Por consiguiente, se cree más apropiado para primero de Bachillerato, no únicamente a modo de repaso y de afianzamiento de contenidos, sino también con el objetivo de crear una base de mayor solidez de cara al bloque 3: “reacciones químicas”.

En un siguiente apartado, se hace una breve contextualización del centro donde se habría llevado a cabo este proyecto, de no haberse visto afectadas las prácticas por la pandemia de 2020 de COVID-19, describiendo su situación y su contexto socioeconómico. La metodología concluye describiendo la actividad en sí, que está dividida en cuatro sesiones y basada en una mezcla de las técnicas de ABP (aprendizaje basado en problemas) y aprendizaje cooperativo.

Sesión 1

En la primera sesión, de 50 minutos, se divide a los alumnos en grupos de 4 a 6, formando cinco grupos en total. Una vez hecho esto, se sortean las cinco propiedades de la tabla periódica a tratar, obteniendo una cada grupo. Después, se les pide que escojan un elemento de la tabla periódica (sin darles más razón de por qué). Hecho esto en todos los grupos, se les muestra el verdadero propósito de la actividad: tendrán que, como tarea fuera de clase, realizar una presentación a modo de póster en la que expliquen cómo varía la propiedad de la tabla que les ha tocado, usando como punto de referencia el elemento escogido, y seleccionando otros dos cualesquiera que compartan, respectivamente, grupo y período con el primer elemento.

Se les dan indicaciones sobre cómo hacer el póster: dividirlo en dos partes para explicar el cambio en la propiedad en grupo y en período, que tenga poco texto y mucho gráfico, y que emplee el modelo atómico de Bohr. El propósito de hacer el póster es que, en dos sesiones posteriores de clase, deberán exponerlo ante sus compañeros, de manera que se aseguren de que sus compañeros entienden cómo cambia la propiedad que les ha tocado en un grupo y en un período, empleando los elementos seleccionados como ejemplo, y para lo cual tendrán 15 minutos. Para que todos los alumnos participen, se tienen que distribuir las distintas tareas. En un grupo ejemplo de cinco alumnos, se propone que dos alumnos diseñen el póster (uno en lo referente al grupo y otro al período), y que los otros tres lo presenten y expliquen, explicando uno de ellos qué propiedad tienen y en qué consiste, otro cómo cambia en un grupo y otro cómo cambia en un período.

Se termina la sesión 1 comunicándoles que la evaluación de la actividad será parcialmente llevada a cabo por los compañeros de clase y que habrá un pequeño control.

Sesión 2 y 3

En estas sesiones, también de 50 minutos cada una, se llevarán a cabo las exposiciones de los pósters. Mientras un grupo expone, el resto habrá de atender y rellenar una serie de hojas de manera individual relacionadas con la calidad del póster y de la exposición de los alumnos que exponen. El profesor también rellenará las mismas hojas para los grupos que exponen, igual que los alumnos. Antes y durante las exposiciones, se hará hincapié a los alumnos que deben estar atentos, tomar notas y resolver dudas acerca de lo que no entiendan, ya que se les va a hacer una pequeña prueba sobre estos contenidos.

Sesión 4

Se trata de una pequeña prueba de evaluación de unos 35 minutos que se rellenará de manera grupal (cada grupo de trabajo entregará una). La prueba será específica para cada grupo, de manera que se asegure que ningún grupo tiene que describir la propiedad sobre la que ha trabajado. Por último, en esta sesión se pasará un cuestionario para valorar el proceso de enseñanza y la satisfacción general del alumnado con la actividad.

3.2.5. Evaluación

El apartado de evaluación, con el que concluye esta propuesta, se divide en cuatro partes.

Los aspectos a evaluar del desempeño del alumnado, en los que se detalla cómo se califica el desempeño de cada alumno en la actividad y que tienen en cuenta la calidad de la exposición, la calidad del póster y la prueba de evaluación. En el caso de las dos primeras, dado que la evaluación se lleva a cabo por el docente y por los compañeros, se detalla que el peso es del 60 y el 40%, respectivamente.

La información sobre evaluación detalla que toda la información acerca de la evaluación de la actividad se comunica transparentemente y con tiempo a los alumnos, en la sesión 1, y que puede ser repetida durante las sesiones 2 y 3 si surgen dudas.

Por último, en la evaluación del proceso de aprendizaje y la evaluación del proceso de enseñanza, se especifica cómo se va a medir el grado de consecución de los objetivos principales de la propuesta. El primer objetivo se valora con la nota media de las pruebas

de evaluación, y los otros dos, teniendo en cuenta tanto la prueba como la calidad de la exposición y del póster, con diferentes ponderaciones. También se recupera el hecho de que la actividad concluye con un cuestionario que pretende valorar el proceso de enseñanza y la satisfacción general del alumnado con la actividad.

3.2.6 Conclusión personal acerca de esta propuesta

Como se ha descrito, el abordaje de la tabla periódica en la química de secundaria y de Bachillerato es considerado tan importante como peliagudo. Sin tener los medios, los conocimientos previos o el tiempo necesario, es imposible que un alumno adquiriera, por la mera experiencia de cursar la ESO y el bachillerato, una serie de conocimientos que facilitarían su aprendizaje. Por ilustrar esta opinión: sería muy fácil para el alumnado conocer los números de oxidación de los principales cationes y aniones para poder predecir la combinación catión-anión a la hora de formular una sal, de la misma manera que lo sería conocer la tabla periódica de memoria para, sabiendo las propiedades de la tabla, predecir el comportamiento de los diferentes elementos en sus interacciones...

En resumen, hay muchas cosas que *vendría bien saber* y que quizás, con objeto de intentar facilitar la consecución de la asignatura al alumno, se intentan explicar mediante reglas o directamente de memoria (no podemos obviar que hay cosas que hay que aprender de memoria o mediante mucho aprendizaje implícito, como los símbolos de los elementos químicos, su orden en la tabla o sus números atómicos, si se pretende emplear esa herramienta como un recurso rápido y sin ayuda externa).

En mi opinión, es importante mantener a raya ese número de datos que se estudian sin mayor orden que el memorístico, especialmente en ciencias, donde para muchos alumnos ya resulta frustrante la realización de problemas. Por eso, considero que es importante aislar qué es verdaderamente necesario aprender de memoria, así como determinar cuáles son las herramientas clave a partir de las que, si la memorizas o consultas, se puede obtener la mayor cantidad de información mediante el razonamiento.

Yo recuerdo cómo tuve que aprender las valencias, las normas de las propiedades de la tabla, la formulación... de memoria. Sin embargo, me planteo qué pasaría si, desde un principio, se enseñasen los elementos más trascendentes de la tabla y dónde está cada uno y, a partir de ahí, se trataran el resto de conceptos relacionados. Quizás se podría evitar mucho aprendizaje memorístico en el proceso y fomentar el razonamiento del alumno.

4. REFLEXIONES

A continuación, en este apartado, se va a llevar a cabo una reflexión crítica y sistemática de ambas propuestas descritas anteriormente. Con objeto de tratar los mismos puntos a la hora de someterlas a revisión, crítica y reflexión, se van a seguir una serie de puntos en común, teniendo en cuenta todo lo que, según he aprendido a lo largo de este máster, debe tener una propuesta o programación didáctica. Al mismo tiempo, se relacionarán las propuestas y las limitaciones que en ellas se encuentren con los aspectos didácticos específicos de la materia de física y química.

Los puntos o *ítems* que se van a tratar y a partir de los cuales se van a revisar las propuestas se describen en las siguientes figuras 3 y 4. Para construirlas, se ha realizado un análisis de todos los factores que cabe esperar se encuentren formalizados y que contribuyen a un mayor control sobre el desarrollo de la propuesta didáctica. Concretamente, se ha realizado una combinación de diferentes requerimientos de diferentes trabajos realizados a lo largo de este máster, incluyendo los dos que resultan en las propuestas que trata este Trabajo Fin de Máster, así como la Programación llevada a cabo desde la asignatura de Diseño Curricular e Instruccional de las Ciencias Experimentales y las tareas que fueron llevadas a cabo durante el Prácticum II.

Más específicamente, los ítems se han clasificado en cuatro familias.

- Introducción e intencionalidad: la primera familia, representada por la primera fila y con un color violeta, se refiere a ítems que justifican y permiten al lector hacer una aproximación a la temática de la propuesta.
- Etapas previas al desarrollo de la propuesta: en la segunda fila, los ítems de color rojo representan partes de la propuesta que la definen con más profundidad y que incluyen consideraciones a tener en cuenta antes de llevarla a cabo.
- Etapas de desarrollo de la propuesta: en la tercera fila, los ítems de color verde describen a la propuesta en sí, con las actividades tangibles que esta lleva a cabo en su desarrollo.
- Etapas posteriores al desarrollo y otros mecanismos a considerar: los últimos cuatro ítems, en verde, representan partes de la propuesta que se llevan a cabo tras terminar su parte más representativa o que dan herramientas de adaptación de la propuesta ante nuevas necesidades, incluyendo la atención a la diversidad.



Figura 3. Ítems que evaluar de las propuestas tratadas en este trabajo.

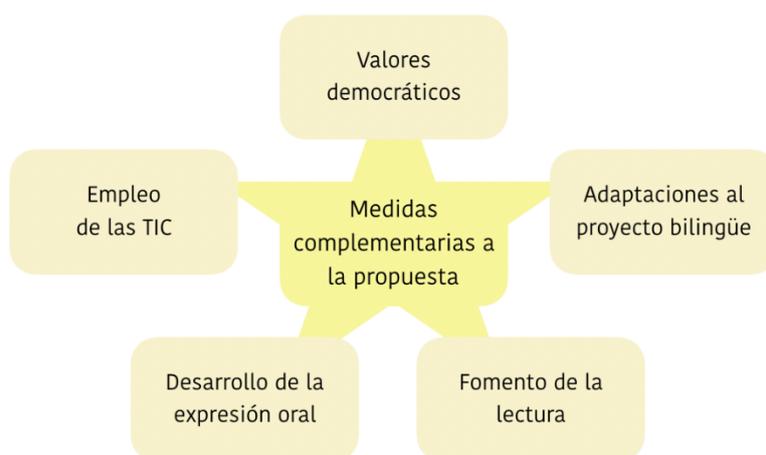


Figura 4. Sub-ítems que se incluyen en las medidas complementarias a la propuesta.

4.1. REFLEXIONES SOBRE LA PROPUESTA 1

4.1.1. Introducción e intencionalidad

La propuesta está bien justificada en los puntos 1.1 y 1.2 del documento, haciendo ver la importancia del acercar la química del agua y la química más práctica a los alumnos de segundo de Bachillerato que, fruto de la naturaleza del curso, se ven arrastrados a realizar problemas sistemáticamente y ajustarse al contenido más demandado para realizar una EBAU exitosa.

Se realiza un análisis del marco curricular para apoyar la justificación de la propuesta, en los apartados 2.1 y más en profundidad en el apartado 2.2.

Sin embargo, si nos fijamos en el tercer ítem, la propuesta no realiza ningún tipo de aproximación al tema que se aborda durante su desarrollo. En apartados posteriores, concretamente, en los apartados 4.1, 4.2 y 4.3, donde se describen completamente los guiones para llevar a cabo la práctica, hay mucha carga teórica y específica sobre el tema que se está tratando, con explicaciones complementarias a los pasos a seguir en el laboratorio. Sin embargo, esta aproximación teórica no ocurre como tal durante la propuesta y sería un aspecto que mejorar: añadir en la introducción los conceptos teóricos clave que se van a abordar en la actividad, que podrían incluir la toma en contacto con materiales de laboratorio, los conceptos de complexometría, precipitación, indicador, o una explicación del concepto de volumetría en general.

Los objetivos de la propuesta aparecen correctamente descritos en el apartado 1.3, definiéndose un objetivo principal que aparece, de nuevo, justificado, y tres secundarios más breves y de carácter más transversal. Además, están secuenciados.

4.1.2. Etapa previa al desarrollo de la propuesta

Respecto a la definición de contenidos y alcance, al no haber descrita una aproximación teórica que enfoque la temática (aunque se ve patente a lo largo del documento), no hay tampoco un alcance claro. Los objetivos son, en este caso, de ayuda para poder estimar qué alcance tiene la propuesta, siendo quizás los objetivos secundarios demasiado abiertos en un intento de dar más posibilidades y flexibilidad al docente que fuese a aplicar esta propuesta didáctica.

Con relación a cómo contribuye esta propuesta a las competencias curriculares, en el documento no se pueden encontrar ni las competencias generales del Bachillerato ni las particulares de la asignatura. Sería de interés, en un intento de normalizar y hacer más conciso el documento, clarificar qué estándares de aprendizaje y qué competencias se pretenden conseguir con esta propuesta. Esto tendría especial utilidad de cara al docente que vaya buscando una propuesta con la que suplir ciertas competencias específicas, además de que normalizaría el documento a unos estándares que todos los docentes conocen.

Las dificultades potenciales de aprendizaje no aparecen en esta propuesta, ni en general ni vinculados a los objetivos, lo cual supone una ausencia importante: es una herramienta útil para el docente el investigar propuestas similares y conocer qué problemas puede estimarse que van a encontrarse los alumnos al llevar a cabo la propuesta para estar preparado ante ellos y suplirlos de la mejor manera posible. Sería, por lo tanto, un punto a añadir de gran importancia, que podría incluir una pequeña evaluación inicial para conocer el nivel del alumnado y sus conocimientos previos a la actividad, detectando así problemas en vivo para ponerles solución, adaptar la propuesta o incluso poner en tela de juicio si es adecuado llevarla a cabo.

Respecto al último ítem, no se especifica en la propuesta qué es lo mínimo que un alumno debe llevar a cabo (número de actividades, desempeño en evaluación, etc.) para superar la propuesta, entendiendo a ésta como una parte evaluable más del curso académico. Es otra ausencia notable en el documento que habría que suplir, ya que, en este caso, al quedar tan abierto, ya no sólo es el alumno el que no conoce qué tiene que hacer para superar la actividad, sino que ni siquiera el docente tiene una guía al respecto, por lo que debe improvisar para evaluar el desempeño del alumnado en la actividad. Precisamente, el objetivo de las propuestas es atar el mayor número de cabos posibles de una propuesta para que esta sea sólida y, de esta manera, se consigan sus objetivos y se lleve a cabo de la manera más satisfactoria posible.

4.1.3. Etapa de desarrollo de la propuesta

El primer y el segundo ítem de esta familia están bien definidos en la propuesta: las actividades son claras si se las evalúa desde el marco de la propuesta, en la cual uno de los requisitos era no entrar en profundidad en dos de las tres actividades que contiene. Por ello, para completar la propuesta habría que desarrollar y definir en mayor profundidad las dos actividades restantes. Además, las actividades están secuenciadas, especificando cuándo se lleva a cabo cada actividad e, incluso dentro de la actividad desarrollada, el orden a llevar a cabo de las sesiones y de los experimentos en el laboratorio, teniendo en cuenta los posibles retrasos y limitaciones de tiempo que pueden darse. Todo esto se puede ver en los puntos 3.2 y 4 en su totalidad

Sin embargo, el tercer ítem está desierto en esta propuesta, al hablarse continuamente en ella de ciertos materiales que luego no se pueden encontrar en ningún lado. El caso más

flagrante de esto es el guion de las prácticas de laboratorio: si bien están descritas en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3, eso no es un guion de laboratorio para el alumnado, sino una descripción de la propuesta para el docente. Además, se menciona que el guion contará con preguntas previas y preguntas post-práctica, que no aparecen, tampoco, en ninguna parte del documento, al no haberse desarrollado dicho material. Por lo tanto, para completar la propuesta habría que desarrollar el guion para concretar parte de la actividad, como son las cuestiones previas y post-práctica que, de otro modo, quedan libres a la interpretación y a la improvisación.

Pero quizás uno de los puntos que más llama la atención de la propuesta es la ausencia total de procesos evaluativos en ella. No se llevan a cabo evaluaciones ni al alumnado sobre su desempeño, ni sobre su satisfacción con la actividad, de manera que ni el profesor ni el propio alumno tienen un criterio al que ajustarse para saber si lo están haciendo de la manera correcta o no. Además, no hay una evaluación de la consecución de objetivos para conocer el desempeño global de la actividad. Todos estos parámetros y ajustes deberían ser introducidos para que den una mayor información al docente y al alumno acerca de la actividad, ya que su ausencia deja al docente sin la capacidad de evaluar al alumno o de conocer si ha funcionado o no la actividad con su alumnado, y al alumno sin conocer realmente su desempeño. Además, el profesor tampoco puede conocer qué les ha parecido a los alumnos la actividad, información sumamente útil para adaptarla y mejorarla continuamente de cara a futuras aplicaciones de la propuesta.

4.1.4. Etapa posterior al desarrollo y otros mecanismos a considerar

Esta familia de ítems es de la que la propuesta más carece. No hay ningún ápice de ninguno de los objetivos transversales en la propuesta: ni se emplean las TIC, ni hay fomento de la lectura, desarrollo de la expresión oral o inclusión de valores democráticos en ninguna parte de la propuesta. Tampoco se dan herramientas para adaptarla al proyecto bilingüe. Se trata de factores que no se tuvieron en cuenta durante la preparación de la propuesta y que, además, tampoco se esperaba que se tuvieran en cuenta en el marco del trabajo de la asignatura pero que, de querer diseñar una propuesta sólida, sería necesario incluir. Ya que en una programación anual se establece que, durante sus propuestas didácticas, se van a incluir dichos objetivos transversales, cabe esperar encontrarse alguno de ellos en ellas (refiriéndome a cualquiera de ellos salvo al proyecto bilingüe que, de quererse completar la propuesta, debería estar estrictamente incluido).

Tampoco aparecen, sorprendentemente, las medidas para atender a la diversidad, empezando por las más básicas como las dificultades en la movilidad o relacionadas con los sentidos, que tienen un alto impacto sobre el desempeño en el laboratorio, lo que deja sin especificar los mecanismos de actuación y de adaptación de la propuesta ante alumnos que no puedan llevarla a cabo por diferentes motivos. Tampoco, por consiguiente, se especifican medidas de la atención a la diversidad por motivos de necesidades educativas especiales o necesidades de atención educativa. Éstas serían particularmente interesantes de tratar en una propuesta que introduce una práctica de laboratorio, al tener en cuenta que no pueden darse despistes o descuidos fruto de estas necesidades que pudieran suponer un problema de salud o seguridad para el alumno en cuestión y el resto de sus compañeros.

Para terminar, la propuesta no incluye materiales adicionales o sugerencias de interés para el profesor o los alumnos, ni tampoco un sistema de evaluación y mejora de la propuesta, lo que implica que no hay un protocolo de revisión que permita ir, aplicación tras aplicación, mejorando la calidad de la propuesta. Este último sistema sería de interés implantarlo para asegurar la obtención de un máximo aprovechamiento de la propuesta.

4.2. REFLEXIONES SOBRE LA PROPUESTA 2

4.2.1. Introducción e intencionalidad

Aunque no se refleja como tal, la propuesta 2 está justificada en los apartados 2 y 3, de objetivos y de fundamentación basada en estudios previos. Quizás sería mejor idea que un apartado de justificación apareciese de manera patente para la comodidad del lector, si bien es verdad que leyendo la propuesta se puede inferir su justificación sin problema.

Además, se hace una introducción al tema desde un punto de vista teórico en la introducción, punto 1, de la propuesta, que quizás es demasiado sencilla, por lo que cabría expandirla, por ejemplo, comenzando a mencionar ya desde la introducción al tema el asunto de las propiedades de la tabla periódica ya que, si no, queda algo inespecífica. A su vez, el análisis del marco curricular también se lleva a cabo, esta vez más adelante, en el apartado 4.1 de contenidos de la propuesta, donde a su vez se justifica la elección de curso, primero de Bachillerato, pese a que satisface curricularmente más al curso de cuarto de ESO.

En el punto 4.2 de la propuesta se especifica el contexto de aula, describiendo de manera suficiente la clase en particular sobre la que se pretende, en este caso, desarrollar la propuesta didáctica, y poniendo en relación con sus alumnos con el centro donde estudian y sus estructuras, así como el distrito donde se encuentra, todo desde un punto de vista social y económico.

Además, en su punto 2 se detallan los objetivos, tres primarios y cinco secundarios, aunque, en este caso y a diferencia de la propuesta 1, no se encuentran secuenciados. La secuenciación de los objetivos es una tarea de análisis interesante, ya que permite al docente estimar cuándo cabe esperar se van a conseguir lograr los objetivos en cada parte del desarrollo de la propuesta y, en caso de observar que no se dé dicha consecución, poder actuar en consecuencia. Además, supone una manera más de estructurar la propuesta, dándole coherencia.

4.2.2. Etapa previa al desarrollo de la propuesta

Respecto a la definición de contenidos y alcance, en este caso sí que se da una aproximación teórica que debería estar algo más desarrollada para definir suficientemente los contenidos y el alcance de la propuesta. De nuevo, como en la propuesta 1, el alcance de los contenidos se ve patente a lo largo del documento, volviendo a recaer en su mayoría sobre los objetivos y sobre el desarrollo de las actividades, de donde se puede inferir hasta dónde pretende llegar la actividad. Se trata de un apartado que podría hacerse de manera breve y concisa, junto con los objetivos, y que esclarecería los límites de la actividad para beneficio del lector que pueda estar considerando aplicarla.

Lo que sí que aparece bien descrito en esta propuesta es la contribución a las competencias curriculares, en el punto 4.1, justificando tanto las competencias de primero de Bachillerato con las que puede relacionarse, como las que conforman el currículo de cuarto de ESO, con las que presenta una mayor compatibilidad. Con ello, en el texto se justifica igualmente la aplicación en el curso de mayor nivel. Aparecen los criterios de evaluación que expone la legislación vigente y están relacionados con los contenidos de la propuesta.

Las dificultades de aprendizaje están, en este caso, bien definidas en el punto 3.1, vinculadas a los objetivos, tanto principales como secundarios, y a las dificultades generales del tema que trata la propuesta, así como respaldadas por bibliografía, aunque

no se menciona una actividad que se puede hacer para detectar aún más potenciales dificultades de aprendizaje y permite conocer los conocimientos previos del alumno: la prueba inicial, que podría ser un breve cuestionario que daría una valiosa información al docente.

El último ítem de la familia queda, de nuevo, desierto, al no verse establecido de ningún modo el desempeño mínimo que un alumno debe realizar en la actividad para superarla. Sin embargo, como en este caso sí que hay una evaluación completamente desarrollada, como se describirá posteriormente, se puede inferir que de no superar dicha evaluación no se superará la actividad vinculada a esta propuesta. Esto aún así no es suficiente, ya que no da la información necesaria, ni al alumno ni al profesor, acerca de qué tiene que hacer un alumno para superar la actividad como un contenido mínimo, independientemente de los medios de evaluación que pueden no ser idóneos para ciertos alumnos.

4.2.3. Etapa de desarrollo de la propuesta

Las actividades que propone la propuesta están bien definidas en el punto 4.3, diferenciadas en sesiones en las que se describe con detalle qué hacer en cada momento. Además, se especifica que se trata de una metodología combinada de ABP con aprendizaje cooperativo, cosa que no se ha llevado a cabo en la propuesta anterior.

De la misma manera, los contenidos de actividad están correctamente secuenciados en el tiempo, especificando su orden y duración. Quizás falta especificar el tiempo destinado a las sesiones de exposiciones, aunque se puede calcular rápidamente con los datos que da el propio documento al citar el tiempo destinado a cada exposición, por lo que, en última instancia, dependerá del número de grupos y/o de alumnos totales de la clase donde se aplique.

Respecto al diseño de materiales, todos los materiales a los que el texto hace referencia están diseñados y adjuntados como anexos en su parte final. Así, si se describe que los grupos entregan una hoja con sus nombres, rol en el grupo, elemento, propiedad asignada, etc., la plantilla de la hoja se encuentra para imprimirla rápidamente y hacer funcionar la propuesta sin perder tiempo en diseñar materiales o improvisarlos. Concretamente, la propuesta incluye como materiales la hoja de grupo, la hoja de co-evaluación, la prueba

de evaluación, y la hoja de valoración de la actividad cada una con sus propias cuestiones e instrucciones.

La evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje también se trata en esta propuesta, dedicando el punto 5 completo a ello. Se especifica cómo se evalúa al alumno (exposición + calidad del póster + prueba), cómo obtiene la nota de esta propuesta y el protocolo de información de esta evaluación al alumno. Además, se proponen una serie de indicadores, en base al desempeño de la clase en las diferentes actividades de la propuesta, para obtener una evaluación del proceso de aprendizaje y poder estimar numéricamente el grado de consecución de los objetivos. Por último, también se evalúa el proceso de enseñanza, detallado en los puntos 5.4 y 4.3, mediante un cuestionario de satisfacción general con la actividad.

4.2.4. Etapa posterior al desarrollo y otros mecanismos a considerar

Como en la propuesta 1, esta familia de ítems vuelve a quedar prácticamente desierta. Sin embargo, a diferencia de la anterior, en esta propuesta sí que se tocan ciertos valores transversales: las TIC pueden emplearse tanto para hacer el póster (se ofrece explícitamente esa posibilidad) como para buscar información acerca de la propiedad que se le ha dado a cada grupo. No hay un fomento real de la lectura, pero los alumnos tendrán que buscar y leer acerca de las propiedades de la tabla periódica para poder superar las actividades de la propuesta. Por otro lado, hay una clara intención de tratar el desarrollo de la expresión oral al haber una exposición que no queda únicamente en relatársela al profesor, sino que exige que el resto de los compañeros queden satisfechos con ella. No hay una inclusión de valores democráticos en ninguna parte de la propuesta más allá de lo que pueda implicar el aprendizaje cooperativo.

Tampoco se dan herramientas para adaptarla al proyecto bilingüe. Igual que con la propuesta anterior, el asunto bilingüe no se tuvo en cuenta durante la preparación de la propuesta, pero sería necesario incluirlo si se quiere completar la propuesta.

Vuelven a no aparecer las medidas para atender a la diversidad, si bien esta vez si que puede parecer más sencillo buscar una solución de adaptación de la actividad a alumnos con necesidades de atención educativa o con necesidades educativas especiales: desde luego realizar una exposición no es tan transgresor para una persona con diversidad funcional como sí puede serlo la entrada a un laboratorio, pero aun así pueden presentarse

situaciones que requieran adaptar las actividades a ciertos alumnos, sin olvidarnos de los alumnos con altas capacidades que pueden demandar una mayor profundización vertical u horizontal de los contenidos. De nuevo queda como un asunto sin tratar que debería estar, como ya se ha expresado en este trabajo, atado, para darle mayor coherencia, cohesión y fuerza a la propuesta y garantizar la satisfacción con la actividad para todos.

Como la propuesta 1, la propuesta 2 tampoco incluye materiales adicionales o un sistema de evaluación y mejora de la propuesta, con lo que ello implica. He de recalcar que es una herramienta útil por los mismos motivos que los descritos en el punto 4.1.4 anterior.

5. CONCLUSIONES

La docencia es una actividad con una percepción mixta por parte de la sociedad. Hay gente que la respeta y la admira, y otras personas que la subestiman. Sin embargo, me he dado cuenta de que cuanto más me acerco a ella, más compleja se me hace y, a la vez, más apasionante me parece. Todo el entramado de ideas y situaciones y continuas adaptaciones que pasan por la cabeza de un docente mientras planea o mientras desarrolla su labor requieren de mentes multidisciplinares, despiertas, capaces e involucradas, que comprendan la importancia de la educación y su papel en la sociedad y que, desde ahí, les surja un impulso de dar lo mejor de sí mismos.

Cuando uno piensa en docencia, piensa en dar clases, pero desde fuera no ve la cantidad de horas, esfuerzo y reflexión que hay en la planificación. Desde las aulas hasta las programaciones anuales, pasando por unidades didácticas, propuestas, bloques, trimestres... la planificación inunda el sistema educativo y lo hace, en su mayoría para bien ya que, si bien incrementa la carga de trabajo sobre el docente de manera notable, también le exige rigor y ser consecuente, al tiempo que le ofrece la posibilidad de fabricar sus propias herramientas docentes y perfeccionarlas.

Como ya se ha desarrollado a lo largo de este Trabajo Fin de Máster, la planificación es una metodología de organización que permite tener el mayor número de factores bajo control, previendo cada una de las circunstancias que pueden darse a la hora de desarrollar una actividad didáctica y proponiendo actuaciones en consecuencia, y dando directrices del desarrollo de dicha actividad. Cuanto más ajustada sea la descripción y el matiz que se haga en una planificación, si bien menos flexible, mayor será la posibilidad de llevarla a cabo satisfactoriamente y transmitir con éxito lo que originariamente pretendía lo planificado, eliminando de la ecuación posibles improvisaciones que, fruto de muchos factores diversos puedan restar calidad didáctica a la actividad.

En relación con esta planificación, en este trabajo se han descrito y analizado dos propuestas que se han llevado a cabo como parte de los trabajos de dos asignaturas del Máster en Profesorado de ESO y Bachillerato, dentro de la especialidad de física y química. Ambos trabajos fueron presentados en primavera de 2020 y recibieron notas satisfactorias, de notable y sobresaliente.

Sin embargo, a la hora de llevarlos a cabo, el enfoque dado por cada asignatura dio lugar a realizaciones paralelas, pero no bajo los mismos criterios, ni siquiera compartiendo el esquema de procesos mentales a seguir para diseñar la propuesta didáctica, o los puntos que se considerasen imprescindibles a tratar en las propuestas.

Como resultado, las propuestas no únicamente difieren en temática, sino que su estructura, si bien en muchas ocasiones tiene puntos en común, difiere también, haciendo al futuro docente plantearse por qué realizar estas tareas de manera distinta cuando podrían aunarse esfuerzos y encontrar un método común que satisficiera las demandas de ambas asignaturas y también lo que se espera de una propuesta didáctica en general, una vez se lleven a cabo en el entorno laboral.

Por ello, se ha propuesto una nueva metodología fruto de la combinación de los puntos citados por los que se ha de pasar para diseñar una propuesta didáctica según cada asignatura (más detallados, sin duda, en la propuesta vinculada a la asignatura de Innovación e Investigación Educativa), y tomando ideas de los esquemas que suelen tener las programaciones anuales, al considerarse las propuestas didácticas parte de las programaciones anuales en última instancia.

Como cabría esperar, al aumentar los requisitos en relación con lo que debe tener una propuesta didáctica, al realizar un análisis de las dos propuestas ya realizadas y contrastarlo con esta nueva metodología de procesos que tener en cuenta a la hora de diseñarlas han aparecido múltiples espacios vacíos: desde pequeños detalles como falta de concisión, a grandes lagunas como la falta de la atención a la diversidad, de materiales que se referencian en el texto, o incluso de evaluación del alumnado y del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Con esto no se pretende asegurar que exista una metodología perfecta que haga pensar al docente en todas las cosas para tener en cuenta al diseñar una propuesta didáctica, ni que, desde luego, ésta se haya encontrado al redactar este Trabajo Fin de Máster. Al fin y al cabo, *cada maestrillo tiene su librillo*, y es en última instancia el docente, conociendo la propuesta que quiere hacer y en base a su formación, sus destrezas, su mejor intención y su experiencia, el que determina cómo maquetar una propuesta didáctica.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aragón, M.M. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 109-121.

Ausubel, D. Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas.

Balukovic, J., Slisko, J. y Corona, A. (2015). ¿Cómo deja de fluir un chorro de agua de un recipiente en caída libre?. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 593-600.

Barab, S. A., Gresalfi, M., Dodge, T., Ingram, A. (2010). Narratizing disciplines and disciplinizing narratives: Games as 21st century curriculum. *18 International Journal for Gaming and Computer Mediated Simulations*, 2(1), 17-30.

Campbell, J. (1989). Let Us Make the Table Periodic. *J. Chem. Educ.* 66, 739-740.

Carretero, B. (2011). Construimos un calentador de agua solar para trabajar la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 143-154.

Criswell, B. (2007). Mistake of Having Students Be Mendeleev for Just a Day. *J. Chem. Educ.*, 84, 1120-1144.

Duque, L., Jiménez, S. y Cuerva, J. (1996). Análisis de las prácticas de laboratorio realizadas en Institutos de Enseñanza Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 10, 3-9.

Fernández, J. Y Rodríguez, F. (2016). “Los procesos de enseñanza–aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 227-243.

Franco, A., Oliva, J.M., Bernal, S. (2012). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Primera parte: los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica. *Educ. quím.*, 2012, 23(3), 338-345.

Franco, A., Oliva, J.M., Bernal, S. (2012). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Segunda parte: los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica. *Educ. quím.*, 2012, 23(4), 474-481.

Fundación Europea de Sociedad y Educación (2013). El prestigio de la profesión docente en España. Percepción y realidad. Recuperado a junio de 2020 en <http://www.sociedadyeducacion.org/site/wp-content/uploads/Informe.pdf>

García, D.A. (2010). “Un sifón a partir de una reacción química”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 142-150.

Omar, H. (2017). Reflections on Teaching Periodic Table Concepts: A Case Study of Selected Schools in South Africa. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education* 2017, 1563-1573.

Petrucci, R. (2011). *Química General*, 10a edición. Editorial Pearson.

Piaget, J. (1969) *Psicología y Pedagogía*. Editorial Ariel.

Rayner-Canham, G. (2000). Periodic Patterns. *J. Chem. Educ.* 2000, 77, 1053-1056.

Reynolds, R. J.; Thompson, K. C. (1978). *Atomic absorption, fluorescence, and flame emission spectroscopy: a practical approach*. Editorial Wiley. ISBN: 0-470-26478-0.

Rivera, L. e Izquierdo, M. (1996). Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, pp. 117-122.

Rodríguez, F. y Blanco, A. (2016). “Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 279-300.

Sanmartí, N. (2009). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Editorial Síntesis Educación.

Sheppard, K. (2006). “High school students’ understanding of titrations and related acid-base phenomena”.

Varkey Foundation (2018) Global Teacher Status. Index 2018. Recuperado a junio de 2020 en <https://www.varkeyfoundation.org/media/4790/gts-index-9-11-2018.pdf>

Verstraete, G., Benegas, D.M. (2013). Planificar una clase con sentido común. Editorial Dunken. ISBN: 978-987-02-5761-5.

Vygotsky, L. S. (1978), Pensamiento y lenguaje. Editorial Paidós.

7. ANEXOS

Se incluye, en primer lugar, la propuesta 1: ¿Qué sí y no lleva el agua que bebemos? Una propuesta didáctica para química en 2º de Bachillerato, seguida de la propuesta 2: Los 5 sentidos de la Tabla Periódica. Una propuesta de innovación docente.

Hay que tener en cuenta que las propuestas tienen sus propios anexos. No hay que confundir los anexos de las propuestas con los anexos de este Trabajo Fin de Máster: basta con fijarse en la aparición de una nueva portada para saber que se ha pasado de una propuesta a la siguiente.

¿QUÉ SÍ Y NO LLEVA EL AGUA QUE BEBEMOS?

Una propuesta didáctica para

QUIMICA EN 2º DE BACHILLERATO

1. Introducción

1.1. Justificación

El agua es un recurso habitual en la didáctica de las ciencias experimentales (Fernández y Rodríguez, 2016; Rodríguez y Blanco, 2016; Balukovic et al., 2015; Carretero, 2011; García, 2010), en tanto que está presente constantemente en nuestras vidas: estamos formados mayoritariamente por agua, los alimentos que consumimos contienen agua, bebemos, hacemos ejercicio y sudamos, nos duchamos y realizamos un sinnúmero de actividades lúdicas en el agua.

Desde pequeños se nos relata cómo la vida se origina en el agua y cómo el agua es la fuente y la garantía del mantenimiento de la vida en la Tierra, así como que ésta tiene unas propiedades únicas y casi podría decirse “pensadas” para que todo funcione. Tan importante es y tantas cosas explica que en el currículo de segundo de bachillerato de la asignatura de biología hay una buena parte del temario dedicada exclusivamente a ésta y sus propiedades (desde un punto de vista bioquímico).

Sin embargo, desde la asignatura que quizás más protagonismo debería abordar a la hora de explicar las propiedades de una sustancia química, el agua se aborda como una sustancia anfótera que interviene en los equilibrios ácido-base. También se dice de ella que tiene dos pares de electrones “suelos”, o que es un dipolo, y se emplea para ajustar las reacciones red-ox por el método ión-electrón. Todo el curso gira en torno a las disoluciones y los equilibrios químicos, pero poco se cuenta acerca de esta sustancia y de sus características, relegando únicamente a la biología como asignatura que lo hace y dejando a los alumnos que cursan el bachillerato más tecnológico alejados de las propiedades del agua.

Si ni siquiera se ponen de relieve estas cuestiones, por supuesto quedan fuera otros aspectos del agua cuya importancia en la química es trascendente, como lo es la composición química del agua. Conocer acerca de de qué están compuestas las aguas que empleamos en nuestro día a día no solo satisface una necesidad de conocimiento diario, sino que permite asociar propiedades y cualidades del agua, a nivel químico, con su

composición, siendo quizás esta una de las maneras de aplicar la química al día a día más fácil de desarrollar.

1.2. Intención educativa

La intención de esta propuesta didáctica es acercar la química del agua a los alumnos, satisfaciendo las necesidades de cuestiones básicas que se les aparecen y aparecerán a lo largo de su vida personal y profesional.

Preguntas como “¿por qué hay que planchar con agua destilada?” “¿qué significa que el agua sea dura o blanda?” “¿en qué afecta la dureza del agua a nuestro organismo?” “¿qué puede llevar un agua potable, y qué no?” “¿por qué el agua a veces es verde, otras azul, otras transparente, turbia...?” “¿qué diferencia el agua de mar del agua dulce?”... son preguntas comunes que podrían responderse gracias a un análisis más exhaustivo sobre la composición del agua que nos rodea.

Desde un punto de vista más químico, podríamos responder cuestiones como “¿por qué no puedo usar agua del grifo para mis experimentos de la asignatura?” “¿cómo afecta la presencia de determinados iones a mis experimentos?” “¿cómo elimino determinados iones del agua que quiero utilizar o de la disolución que tengo?” “¿por qué no puedo echar esta disolución por el fregadero?” “¿qué especies químicas de las que podemos encontrar en las aguas son relativamente inocuas, y cuáles deberían despertar mi atención?”.

1.3. Objetivos generales

Por todo lo anterior, se fija para esta propuesta didáctica un objetivo principal, que es el principal motivo e intención detrás de esta propuesta; y tres objetivos secundarios cuya consecución también se aborda, aunque con menor hincapié o relevancia.

Objetivo principal

- Aplicar el currículo de química de segundo de bachillerato a la problemática del agua y realizar una ampliación horizontal de los contenidos del bloque cuatro: “las reacciones químicas”, para dotar de más recursos a los alumnos en este bloque.

La didáctica de este bloque suele afrontarse desde un punto de vista teórico y de resolución de problemas, pese a que un enfoque práctico y experimental favorece el aprendizaje por parte del alumnado (Alkan, 2016), y pese a que algunos de sus contenidos, como son las volumetrías ácido-base y red-ox, el conocimiento de las diferentes bases y ácidos, o el mismo concepto de reacción química son primordialmente de naturaleza práctica.

A raíz de esto, muchos alumnos conseguirán superar la resolución de problemas ácido-base y red-ox, e incluso describir de manera teórica en qué consiste una valoración. Sin embargo, dado que el ritmo de aprendizaje de cada alumno es

diferente (Kolb, 2000; Yoon, 2000), una parte de ellos no comprenderán completamente el propósito o finalidad de las valoraciones químicas.

Ocurrirá lo mismo con las reacciones ácido-base. Al no abordar el concepto desde un punto de vista práctico y afrontador, los alumnos no se enfrentarán a problemas o situaciones que ocurren durante una valoración, y se centrarán únicamente en el comienzo y el final de ésta. Esto da lugar a fallos de concepto acerca de temas que deberían quedar en este nivel más que claros, como el del propio concepto de pH y los agentes involucrados en una reacción de neutralización (Sheppard, 2006).

Objetivos secundarios

- Acercar la química del agua a los alumnos para que conozcan qué especies químicas son habituales en las aguas naturales y las aguas potables.
- Hacer ver la importancia biosanitaria de la buena proporción de estas especies químicas tanto en las aguas naturales como en el agua de red y embotellada. Tratar el tema de las diferentes aguas que bebemos.
- Trabajar someramente los problemas medioambientales derivados del desequilibrio de estas especies químicas y la adición de otras nuevas sobre las aguas naturales. Acercamiento al problema de la depuración de las aguas residuales urbanas e industriales.

2. Contexto didáctico del proyecto

2.1. Química en segundo de bto.

Este proyecto didáctico se encuentra contemplado para ser desarrollado en el curso de segundo de bachillerato de la asignatura de química.

La asignatura de química de segundo de bachillerato, la más avanzada de toda la etapa educativa preuniversitaria, se presenta en el currículo aragonés como una “pequeña química general” con un temario amplio y con mucha profundidad horizontal y cierta, aunque menor, profundidad vertical. Sin embargo, a la hora de la verdad, y dado que muchos de los alumnos se presentarán a pruebas de acceso a la universidad al acabar la asignatura, esta y el resto de asignaturas del curso suelen focalizarse en las cuestiones en las que la prueba hace más hincapié, realizando una profundización vertical grande sobre algunos de los contenidos en detrimento del desarrollo de otros.

Concretamente, química de segundo de bachillerato contempla cuatro bloques temáticos.

El bloque 1 trata la actividad científica centrándose en el método científico y en desarrollar las herramientas adecuadas para elaborar informes científicos y la comunicación en ciencias.

El bloque 2 trata la estructura y propiedades de la sustancias. Es un

bloque muy amplio que pasa por todos los modelos atómicos, los orbitales atómicos, números cuánticos, la tabla periódica la ordenación de las propiedades de sus elementos, el enlace químico, la teoría TRPECV, geometría y polaridad molecular, teoría TEV, hibridación de orbitales, etcétera.

El bloque 3 trata las reacciones químicas desde un punto de vista introductorio y general. Es también un bloque amplio, centrado en la termoquímica y el aspecto termodinámico de las reacciones químicas: entalpía, entropía, leyes de la termodinámica, espontaneidad, cinética química, equilibrio químico, constantes de equilibrio...

Por último, el bloque 4 trata reacciones químicas concretas. Es quizás el bloque en el que más hincapié se hace de cara a las pruebas de acceso a la universidad, profundizando en los conceptos de reacción ácido-base, ácido/base fuerte y débil, volumetrías, disoluciones reguladoras del pH, equilibrio red-ox, oxidantes y reductores, estequiometría, cuba electrolítica y pilas galvánicas.

2.2. Análisis del marco curricular

Dado que este proyecto didáctico se engloba dentro del bloque cuatro al tratar conceptos de ácido-base y de su aplicación en el análisis químico volumétrico, es menester hacer un análisis curricular para explorar los conceptos previos que tiene el alumnado antes del curso presente.

La asignatura de química se imparte por sí sola únicamente en segundo de bachillerato. Desde segundo de ESO (donde nace la química con nombre propio en el currículo oficial) hasta segundo de bachillerato, donde se “independiza”, la asignatura se imparte junto con física en “física y química”. Esto supone que únicamente la mitad o, en ocasiones, menos de la mitad de dichas asignaturas están destinadas a la química.

Además, destaca de la asignatura de física y química la inconstancia horaria de su impartición. En segundo de ESO se imparten tres horas semanales, pero en tercero, tan sólo dos, por lo que la capacidad de profundización en los conocimientos adquiridos se ven, primeramente, afectada en segundo de ESO por la falta de base, al ser la primera vez que cursan la asignatura; y en tercero de ESO por el poco tiempo curricular dedicado a la asignatura.

Esto lleva a que no se pueda comenzar a profundizar en la asignatura hasta que los alumnos la escogen como optativa en cuarto de ESO, donde se recuperan las tres horas semanales y ya hay base suficiente.

De hecho, en el currículo vemos que en segundo y tercero de ESO el contenido relativo a conceptos relacionados con ácido-base es nulo. Los conceptos no aparecen en el currículo, apoyando el comentario anterior de la “superficialidad” de la química durante el primer ciclo de ESO (1º, 2º y 3º).

En cuarto de ESO, donde la asignatura es escogida voluntariamente, aparece ya en el bloque 3, los cambios químicos, el criterio de identificación de ácidos, bases, predecir las reacciones de neutralización, junto con otros conceptos que se ve intentan comenzar a profundizar (reacción endotérmica y exotérmica, ajustes estequiométricos...). Sin embargo, no se amplía más allá.

En primero de bachillerato, desgraciadamente para la química, la asignatura aún está coimpartida con física, por lo que sólo la mitad (o algo menos) del curso se dedica a la química. Esto obliga a escoger materia a impartir, en la cual la química de los ácidos y las bases se queda fuera.

La química de primero de bachillerato trata la actividad científica, expresiones de la concentración, leyes de los gases, estequiometría y conceptos de reacción como el de reactivo limitante o rendimiento y, por último, química del carbono.

No será hasta segundo de bachillerato cuando realmente se comience a explicar cuantitativamente la química de los ácidos y las bases, con lo que ello conlleva: un año sin estudiar este tipo de reacciones y con unos pocos conceptos en la cabeza como que un ácido fuerte y una base fuerte en disolución forman sal y agua. De hecho, encontraremos alumnos que seguirán confundiendo ácidos y bases, liberando protones de moléculas como el NaOH y hidróxidos del ácido fosfórico.

Sin embargo, en este curso se les va a bombardear con una gran variedad de conceptos en relación con los ácidos y las bases. Aparecerán las K_a y K_b , con sus respectivas pK_a y pK_b , de las que tendrán que intuir la fuerza o la debilidad de los ácidos y las bases. Se les explicará que existen ácidos capaces de liberar más de un protón a la disolución y que, además, no liberan todos los protones de la misma manera.

Se enfrentarán a aparentes contradicciones como que el ácido expuesto como el más fuerte (HCl) da, a una misma concentración, un pH más alto que el ácido sulfúrico y que, por lo tanto, la fuerza de un ácido no determina lo ácido que es.

Se les explicará que el comportamiento ácido o básico no depende de los protones y los hidróxidos, sino que hay diferentes aproximaciones, bajo las teorías de Arrhenius, Bronsted y Lewis. Todo ello partiendo de la base con la que cuentan entonces: no la suficiente.

3. Secuenciación de objetivos y secuencia de actividades

Partiendo de la situación descrita en el contexto didáctico, es habitual encontrar alumnos que llevan un “batiburrillo mental” de conceptos, y que resuelven los problemas gracias a tener cuatro bases acerca del tema bien claras, pero que, en cuanto se les saca de las situaciones habituales en las que les ponen los problemas, muestran una falta de recursos y de conceptos importante.

3.1. Secuenciación de objetivos

Por lo anterior, se pretende, en esta propuesta didáctica, alcanzar todos los objetivos descritos en el apartado 1.3 de este documento. Concretamente, respecto al objetivo general principal:

Ampliar horizontalmente el currículo del bloque 4: “las reacciones químicas” en los objetivos relacionados con ácido-base, valoraciones, y otros relacionados; y relacionarlo con la problemática del agua y su análisis.

Se pretende que este objetivo se alcance a lo largo de la realización de toda la propuesta didáctica, aunque con más incidencia en la segunda actividad. El “pack” de actividades tiene como finalidad principal que, tras su consecución, se consiga este objetivo en el mayor número de alumnos y de la mejor manera posible. Por lo tanto, este objetivo se secuencia en ningún momento concreto y a la vez en todo el tiempo que se dedica a esta propuesta.

Respecto a los objetivos secundarios, enumerándolos uno por uno, se pretende, respecto al primer objetivo secundario:

Acercar la química del agua a los alumnos para que conozcan cuáles son las especies químicas más habituales en aguas naturales y potables.

Se pretende que este objetivo se alcance durante la segunda actividad que presenta esta propuesta didáctica. La primera actividad servirá como introductoria e introducirá los nombres y algunos datos de las especies químicas presentes en el agua, pero será en la segunda actividad, cuando analicen y comparen diferentes aniones y cationes, cuando se espera permee, como mínimo, el nombre de estas especies y algunos datos acerca de ellas: origen, propiedades, cantidades normales aproximadas, etcétera.

Respecto al segundo objetivo secundario:

Hacer ver a los alumnos la importancia biológica y sanitaria de la adecuada proporción de especies químicas en el agua potable y natural.

Se pretende que este objetivo se alcance durante la primera y la tercera actividad.

La tercera actividad concluye la propuesta y que incluye una reflexión general y un debate. En esta actividad ya se han tratado las especies, y por las cabezas de los alumnos ya rondan los sulfatos, carbonatos, calcio, magnesio, etc. y, apoyándose en lo explicado en la primera actividad, que inicia la actividad y proveerá de conceptos y bases a los alumnos, éstos contarán con suficientes recursos como para hacer un pequeño debate con el que se termine de conseguir este objetivo.

Respecto al tercer objetivo secundario:

Trabajar someramente los desequilibrios de las especies químicas en aguas naturales y potables y los problemas medioambientales que esto puede suponer; e introducir el concepto de aguas residuales.

Se pretende que se alcance este objetivo en la tercera actividad de la propuesta, como una de las propuestas de debate, así como en la primera actividad, donde se introducen propiedades de las diferentes especies químicas del agua.

En este sentido, este objetivo tiene similitudes con el anterior no en su temática sino en su modo de consecución: aportar datos a los alumnos para que luego puedan, mediante actividades como debates, sacar sus propias conclusiones y razonar e integrar nuevos conocimientos.

3.2. Secuencia de actividades

La propuesta didáctica presente se divide en tres actividades: una actividad de iniciación, una actividad de desarrollo y una actividad de conclusión.

Las cuatro actividades suman, en conjunto, cuatro horas y media lectivas, a las que hay que sumarle un par de horas de trabajo en casa, que se justificará a continuación en la descripción breve de las actividades.

4. Descripción de las actividades

Actividad de iniciación Introducción a la química del agua

Esta actividad durará una hora. Se trata de una sesión presencial a modo de clase magistral, en la que el profesor definirá los conceptos de agua natural y potable, englobándolas dentro de una “familia” común al tener características químicas similares. Por otro lado, se definirá el concepto de agua residual, haciendo hincapié en su variedad composicional y qué las hace “residuales” o nocivas. Aparecerán conceptos relacionados con las aguas residuales como jabones, grasas, aceites, metales pesados, etcétera.

Posteriormente, se definirán los parámetros químicos empleados en la caracterización de aguas naturales y potables. Se nombrarán las especies químicas siguientes: sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, carbonatos, sulfatos, hidrogenocarbonatos y cloro disuelto. Se definirán también los parámetros de pH, conductividad y residuo seco.

De estas especies y características se hablará de concentraciones habituales, así como de cómo intervienen en las características del agua y qué esperar de la presencia/ausencia de ellas.

Respecto a las aguas naturales, se describirán también los parámetros de fosfatos y nitratos, así como DQO y DBO,

aunque se hará menos hincapié en estos parámetros.

Por último, se concluirá la actividad relacionando todo lo anterior con la problemática que supone el uso del agua por parte del hombre: para qué tareas la emplea y cómo necesita que el agua tenga diferentes características según su propósito.

Actividad de desarrollo Experiencia de laboratorio

Esta actividad, que vertebra toda la propuesta y que se va a describir completamente, durará dos sesiones de una hora, es decir, dos horas. El hecho de dividir la actividad no es fortuito: esta está dividida en dos fases: la fase de preparación (sesión 1) y la fase de realización del experimento (sesión 2).

Como se puede intuir, se trata de una actividad experimental, para llevar a cabo en el laboratorio del centro. Es indispensable contar con un laboratorio para realizar esta experiencia para asegurar en mayor medida la seguridad de los alumnos. También es necesario contar con bata, guantes y gafas de laboratorio.

Previo a la sesión 1, se dividirá a los alumnos en grupos de cuatro o tres personas, y se les pedirá que traigan, a esta sesión 1, una botella de agua mineral comercial sin abrir o alterar de un litro y medio o dos litros.

Se pondrán de acuerdo para, en ningún caso, traer dos grupos la misma botella.

Sesión 1

La sesión 1 comenzará llevando a los alumnos, con sus respectivas botellas de agua, al laboratorio. Una vez ahí, se organizarán en mesas o secciones de mesa en los grupos de cuatro previamente confeccionados.

Los alumnos entrarán al laboratorio protegidos con todo el material necesario para protegerse, que será proporcionado por el centro. Se permitirá que el alumnado se quite esporádicamente el material de seguridad, haciendo hincapié en que el alumnado que lo haga en la sesión 2 será automáticamente expulsado del laboratorio.

Una vez estén protegidos los alumnos, se les detallará en qué consiste la práctica que van a hacer en la sesión 2 (a efectos de este documento, se describirá en las siguientes líneas).

El profesor dará a los alumnos un guión para apoyarse en él durante la explicación de la práctica en esta sesión 1, así como para que los alumnos cuenten con él antes y durante de la sesión 2. En el guión estará detallada la práctica, con cantidades, pasos y material a emplear.

El guión contendrá no solo los pasos de la práctica, sino también unas preguntas previas que deberán realizar en casa de manera obligatoria. De la misma manera que lo anterior, será condición indispensable entregar resueltas las preguntas previas para poder hacer la sesión 2.

Una vez dado el guión y explicado lo que se va a hacer en la sesión 2, el profesor procederá a mostrar a los alumnos el material y los reactivos que se van a emplear, haciendo hincapié en advertir acerca de los riesgos asociados a las sustancias y al cuidado del material. El propósito de esto es que los alumnos se familiaricen con el material, sepan qué y cómo tocar el material de laboratorio, y conocer la peligrosidad de los reactivos para evitar accidentes. Se espera concienciar acerca, también, de la importancia del uso de los EPIs en el laboratorio.

Tras terminar la sesión 1, el profesor trasvasará 500 mL de cada botella de cada grupo a frascos lavadores de laboratorio, de manera que sólo el profesor sepa qué agua hay en cada frasco. Podrá nombrarlas “agua A”, “agua B”, con números, o como él prefiera, siempre apuntando el origen y el grupo de dicha agua.

El profesor añadirá un frasco lavador más, que contendrá agua natural (de un río u otra fuente) y que, en caso de que sea turbia, se filtrará para pasar por un agua más. A consecuencia de esto, retirará el agua de un grupo. Los alumnos no tendrán constancia de esto.

El objetivo de este “truco” es que todos los grupos vayan obteniendo medidas similares, pues las aguas embotelladas suelen ser paramétricamente cercanas, pero que un grupo se vea “descolocado” y forzado a reflexionar acerca de qué está sucediendo, si lo están haciendo bien...

Sesión 2

La sesión 2 comenzará comprobando que todos los alumnos han llevado a cabo las preguntas del guión de la práctica, así como que llevan los guantes, bata y gafas puestos nada más entrar al laboratorio, recordando la advertencia de la sesión 1 de que cualquier alumno que sea visto sin gafas, guantes o bata será expulsado, y apelando a la responsabilidad colectiva para asegurar que se comunica al docente si algún alumno se está saltando las normas de seguridad.

Al comienzo de la práctica, los alumnos recibirán un frasco de agua desconocida, cifrada como lo haya hecho el profesor.

Posteriormente, los alumnos realizarán las actividades en orden siguiendo el guión. Las actividades serán, por orden:

- Determinación de la dureza del agua por complexometría.
- Determinación de cloruros por volumetría de precipitación.
- Determinación del pH y de la conductividad del agua.

A continuación se describe qué aparece en los guiones del alumnado para cada una de las tres actividades de laboratorio, incluyendo tanto el marco teórico previo como las indicaciones para llevar a cabo el experimento y notas breves para asegurar que el profesor consigue terminar las experiencias de manera satisfactoria.

4.1. Determinación de la dureza del agua por complexometría

En el guión, los alumnos contarán con la siguiente información teórica:

“La dureza del agua es la expresión, en forma de mg/L de carbonato de calcio, de el contenido de todos los cationes divalentes presentes en el agua. No obstante, debido a que la proporción de sales de magnesio y calcio es muy grande en comparación con el resto de cationes divalentes, se suele simplificar como la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} .

El término dureza es empleado como caracterizador de las aguas potables en la vida cotidiana con frecuencia: en los conceptos de agua dura y agua blanda. Se consideran aguas blandas a aquellas con una dureza inferior a 100 mg/L de carbonato cálcico, y aguas duras a las que superan los 150 mg/L, aproximadamente.

Para estimarla, se realiza una volumetría de formación de complejos o complexometría, en la que el agente valorante es el EDTA (ácido etiléndiaminotetracético). Este compuesto es capaz de unirse a los diferentes cationes de calcio y magnesio, formando complejos (ligandos) de forma EDTA-Ca y EDTA-Mg.

Sin embargo, lo más interesante de este método es el indicador, el negro de eriocromo T o “NET”. Este indicador es un ácido débil cuyo color depende del pH de la disolución, y que además es un indicador metalocrómico, lo que significa

que junto con presencia de cationes metálicos forma complejos metal-indicador que tienen un color determinado.

El NET toma un color rojizo nada más añadirlo a la disolución de agua problema con los reactivos, y la valoración termina cuando éste se vuelve azul. El cambio de color del indicador se debe a que los cationes metálicos prefieren asociarse al ligando (EDTA) que al indicador. En un principio, nada más añadir el NET, se forman complejos metal-indicador que tienen un color rojo. Sin embargo, en el momento en el que hay suficiente EDTA, se rompe el equilibrio metal-indicador, liberándose el NET, pues los metales se asocian con el EDTA preferentemente, siendo el color del indicador libre (NET) azulado.

Como se puede ver, en esta técnica intervienen muchos factores. Además, es importante la adición de una disolución que mantenga el pH de la muestra constante y elevado (en este caso, a pH 10), de tal manera que no haya posibles átomos de hidrógeno que se inmiscuyan en las relaciones metal-indicador y metal-ligando.”

Además, seguirán las indicaciones del profesor y del guión para realizar la práctica, que son las siguientes:

Pasos a seguir

- Tomar 50 mL de agua problema en un erlenmeyer.
- Rellenar una bureta de 20 mL con EDTA 0,01 M.

- Añadir 3 mL de la “solución tampón pH 10” al erlenmeyer.
- Añadir 2 mL de “compleción magnesio” al erlenmeyer.
- Añadir tres gotas de indicador “negro de eriocromo T” o “NET”.
- Comenzar la valoración. Terminarla cuando la disolución cambie de color rojizo a azul.
- Apuntar el volumen de EDTA empleado. Si se agota y no ha virado la disolución, llamar al profesor.

(Fuera del guión: los pasos a seguir para el profesor serían o rellenar de nuevo hasta el cero y seguir añadiendo hasta el completo viraje, o duplicar la concentración de EDTA).

- Si el viraje ha ocurrido en muy pocas gotas, llamar al profesor.

(Fuera del guión: los pasos a seguir para el profesor serían o repetir el experimento con una pipeta de menor volumen o diluir la concentración del EDTA).

4.2. Determinación de cloruros por volumetría de precipitación

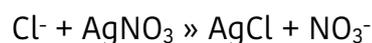
De nuevo, en el guión, los alumnos contarán con la siguiente información teórica:

“El contenido en cloruros de un agua determina, en cierta medida, la salinidad de la misma, pues su presencia proviene principalmente de la disociación de las sales binarias que el ión cloruro forma

con el sodio y con el potasio, entre otros. Sin embargo, es importante remarcar que todos los iones contribuyen al incremento de esta salinidad.

Para cuantificar el contenido en cloruros de la muestra de agua problema, se procede a realizar una complexometría de precipitación, en la que el agente valorante será el nitrato de plata (AgNO_3). El método recibe el nombre de método de Mohr.

En este método, el AgNO_3 que se emplea para valorar se disocia llenando la disolución de iones Ag^+ que se asocian con los cloruros en el agua y precipitan, formando un sólido cristalino de cloruro de plata (AgCl).



El indicador empleado en las valoraciones es el cromato de potasio (K_2CrO_4). En disolución es de color amarillo, y en este experimento tomará una tonalidad rojiza cuando ya no queden cloruros y la plata del valorante reaccione con él formando cromato de plata (Ag_2CrO_4).



Además, seguirán las indicaciones del profesor y del guión para realizar la práctica, que son las siguientes:

Pasos a seguir

- Tomar 50 mL de agua problema en un erlenmeyer.
- Rellenar una bureta de 10 mL con una disolución de AgNO_3 0,01 M.

- Añadir cinco gotas de indicador, cromato de potasio, al agua problema.
- Comenzar la valoración. Terminarla cuando la disolución cambie de color amarillo a rojo y se forme un precipitado blanco en el fondo del erlenmeyer (puede apreciarse turbidez).
- Apuntar el volumen de AgNO_3 empleado. Si se agota y no ha virado la disolución, llamar al profesor.
- Si el viraje ha ocurrido en muy pocas gotas, llamar al profesor.
- (Fuera del guión: si ocurriesen las posibles complicaciones descritas en el apartado de valoración de dureza, proceder igualmente que como allí se recomienda).

4.2. Determinación del pH y de la conductividad del agua

Por último, se concluirá la sesión 2 con esta experiencia, si queda tiempo suficiente. Los alumnos contarán con la siguiente información teórica:

“El pH de un agua representa la actividad del ión hidrógeno y, por tanto, la presencia de protones en la misma. A efectos prácticos, representa la acidez o basicidad de una disolución: a mayor presencia de H^+ , mayor acidez y menor basicidad, y a la inversa.

El pH varía en una escala de 0 a 14, siendo 0 -o incluso menos- el pH de los ácidos más fuertes (mucha presencia de H^+) y 14 -o más- el pH de las bases más

fuertes (mucha presencia de OH^-). El agua pura, sin ningún ión en disolución, presenta un pH de 7, lo que significa que no tiene características ni de ácido ni de base: es neutra.

La conductividad de un agua es una característica que representa su capacidad de conducir la electricidad.

A diferencia del pH, que no tiene unidades, ésta se mide en siemens por metro (S/m), y debido a que la mayoría, si no toda la conductividad de una muestra acuosa, se debe a la presencia de iones disueltos en la misma, provenientes de la disolución de sales, suele emplearse dicho parámetro como reflejo de la salinidad de una disolución.”

Además, seguirán las indicaciones del profesor y del guión para realizar la práctica, que son las siguientes:

Pasos a seguir

- Tomar unos 100 mL de agua problema en un vaso de precipitados para homogeneizarlo y vaciarlo en el fregadero.
- Volver a rellenar el vaso con 100 mL de agua problema.
- En presencia del profesor, introducir el electrodo del pHímetro-conductivímetro, asegurándose de que el electrodo no toca el fondo o las paredes del vaso.
- Anotar las medidas de pH y conductividad que arroja el pHímetro.

Con esta última experiencia, finaliza la sesión 2 y la actividad de desarrollo.

El guión contendrá preguntas para realizar post-experiencia: tendrán que calcular diferentes cosas según los resultados que hayan obtenido en el laboratorio. Esto formará parte del trabajo para casa: los alumnos deberán calcular los cloruros y la dureza de su agua problema.

Actividad de conclusión

Cálculos relativos a la actividad y reflexión social-medioambiental

La actividad de conclusión finaliza esta propuesta didáctica. Constará de dos sesiones: una de una hora y otra de treinta minutos, para dar un total de una hora y media.

En la sesión de una hora, la primera de las dos, se destinarán los primeros 45 minutos a corregir los ejercicios del guión post-práctica, que los alumnos habrán realizado previamente en casa. Los últimos 15 minutos se destinarán a determinar y discutir qué marca de agua cree cada grupo que ha analizado en relación con los resultados de sus análisis, como única referencia teniendo los cloruros.

Se espera que un grupo tenga unos resultados muy diferentes, los que analizaron el agua “trampa” del profesor. Si no descubren por sí mismos la trampa, el profesor revelará lo que ha ocurrido.

En los últimos treinta minutos de esta actividad y de la propuesta, que se realizarán en una sesión aparte, se hará un pequeño debate sobre un tema relacionado con esta propuesta. Los

temas deberán coincidir con lo necesario para satisfacer los objetivos secundarios que se vea hayan quedado más desatendidos.

Se proponen temas como:

- Impacto del ser humano en la calidad de las aguas. ¿Podemos evitarlo?
- ¿Qué es más conveniente, prevenir contaminar las aguas o tratarlas previo a su consumo?
- ¿Por qué hay lugares en el mundo donde se dice que “falta agua”? ¿De dónde se puede extraer agua?
- Peligros de la industria y la agricultura para el agua: metales, nitratos, fosfatos. Sucesos reales.

Pero se deja a libre criterio del profesor la elección del tema que mejor complete la propuesta.

5. Reflexiones y conclusión

Esta es una propuesta ambiciosa, basada en una necesidad real de los alumnos que se ven obligados por el sistema educativo a poner en la balanza adquisición de conocimientos versus resultados y a elegir resultados, en un curso en el que el foco principal se encuentra en la prueba de acceso a la universidad y en el que todo el curso se adapta a esa necesidad.

Por ello, puede parecer más una propuesta a ser aplicada para un alumnado comprometido con sus estudios y funcional, que ya lleve un buen nivel en la asignatura y que, gracias

a este proyecto, pueda ahondar en los usos prácticos de la química de los ácidos y las bases al tiempo que amplía sus conocimientos y gana soltura y mayor base en este ámbito de la química.

Sin embargo, este proyecto se presenta como una propuesta de indagación o ampliación, pero también como una propuesta de refuerzo y de fomento de la curiosidad. Una intención de sobrepasar la, a veces, superficialidad de la forma de abordar esta parte del temario, que se reduce a la realización y corrección de problemas.

De esta manera, se persiguen dos fines además de los objetivos ya detenidamente descritos.

El primero es atender al alumnado que se encuentre en la “tormenta de conceptos” que supone segundo de bachillerato de química. Pese a que esta propuesta introduce muchos conceptos no nuevos pero sí añadidos, estos no son evaluables, ya que no van a examinarse del temario relativo a las particularidades del análisis químico de las aguas (sí que se evaluará el guión y las respuestas a las preguntas y problemas planteados).

Esto da la oportunidad a los alumnos menos aventajados de entender los equilibrios ácido-base desde una perspectiva alternativa a la clase magistral y los problemas, permitiéndoles visualizar qué ocurre de la manera más gráfica: la realidad. Además, persigue “engancharlos” y despertar su interés para que indaguen y recuperen el ritmo o el nivel esperado de la clase.

Por otro lado, se atiende también al alumnado que mejor afianzado lleve los conceptos, dándoles un nuevo punto de vista a partir del cual puedan reforzarlos. De esta manera obtienen un scope más amplio de esta parte de la química tanto teórica como prácticamente, recursos que pueden serles de mucha utilidad tanto para la prueba a la que se enfrentan al acabar el curso como de cara a una futura carrera científica o cercana a la ciencia.

Como conclusión, me gustaría añadir dos cuestiones. La primera es que realizar propuestas de este tipo no es incompatible con el desempeño de la asignatura en segundo de bachillerato. Pese a que muchas situaciones puedan parecer exigir una dedicación completa a la docencia tradicional para encarar las pruebas de acceso, segundo de bachillerato no es un curso de preparación a la universidad, sino un curso con entidad propia y, como en el resto de cursos, experimentar fomenta y mejora la calidad del aprendizaje.

Por otro lado, remarcar que la temática empleada de la química del agua es una de muchos temas que pueden emplearse para acercar la química a los alumnos. Éstos tienen que poder ver que la química es tangible, cercana y que nos rodea en múltiples ámbitos de nuestra vida. Si se mantiene como una disciplina teórica y “lejana”, el alumnado va a verla como algo ajeno a ellos. Por consiguiente, el acercamiento de la materia a su uso práctico y a la realidad de los alumnos es clave para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje.

6. Referencias bibliográficas

Balukovic, J., Slisko, J., Corona, A. (2015). “¿Cómo deja de fluir un chorro de agua de un recipiente en caída libre?”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 593-600.

Carretero, B. (2011). “Construimos un calentador de agua solar para trabajar la sostenibilidad”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 143-154.

Fernández, J. Y Rodríguez, F. (2016). “Los procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con el agua en el marco de las hipótesis de transición”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 227-243.

García, D.A. (2010). “Un sifón a partir de una reacción química”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 142-150.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.

Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Rodríguez, F. y Blanco, A. (2016). “Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad

didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 279-300.

Sheppard, K. (2006). “High school students’ understanding of titrations and related acid-base phenomena”.



Una propuesta de innovación docente

Leo Sanjurjo Sebastián

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Objetivos	3
3. Fundamentación basada en estudios previos (marco teórico)	3
4. Metodología	6
5. Evaluación	10
6. Bibliografía	12
Anexo I: hoja de grupo (Sesión 1)	13
Anexo II: hoja de coevaluación (Sesiones 2 y 3)	14
Anexo III: prueba de evaluación del PID (Sesión 4)	15
Anexo IV: hoja de valoración del proceso de enseñanza y satisfacción con la actividad (Sesión 4)	17

1. Introducción

La tabla periódica (TP) es un concepto clave y que adopta un papel central dentro de la enseñanza de la física y de la química moderna, especialmente en los cursos de secundaria y bachillerato.

Desde su origen en el Siglo XIX de la mano de Dimitri Mendeleiev, que fue capaz de extraer tendencias en las propiedades físicas y químicas de los elementos según su número de protones y la forma en la que sus electrones están organizados, hasta hoy, donde la TP hace referencia a todos y cada uno de los átomos de los elementos que conforman la materia en orden creciente de número atómico, se mantiene el origen de la interpretación de la TP, que no muestra únicamente los elementos ordenados sino sus propiedades también distribuidas de una manera predecible y repetitiva, de ahí el nombre de TP (Petrucci, 2011).

Sin embargo, los alumnos de hoy en día se aproximan a los elementos químicos de una manera totalmente diferente a cómo lo hacía la persona detrás de la concepción de la TP, porque los conocimientos sobre los modelos atómicos y cómo se organizan los electrones, protones y neutrones dentro de un átomo -detalles desconocidos para Mendeleiev- con los que los alumnos cuentan pueden ya hacerles intuir cómo se van a comportar ciertos elementos (Larson et al., 2012).

En todo caso, no hay que perder de vista el hecho de que el background de cada alumno respecto a la TP antes de empezar a tratarla en el aula es diferente entre ellos. Pese a ello, es común que la situación de muchos de ellos el enfrentarse a una serie de cajas rectangulares organizadas en filas y columnas, conteniendo cada caja unos

símbolos alfabéticos sin significado aparente y unas cifras que son difíciles si no imposibles de leer: ni los símbolos son periódicos, ni siquiera el formato lo es, se mire como se mire. Lo único que aparentemente sigue un orden, que es el número atómico, dice relativamente poco sobre la química de cada elemento, y además este orden no es precisamente periódico, sino de carácter lineal (Campbell, 1989).

Partiendo de lo descrito anteriormente, es razonable pensar que enseñar, no sólo la TP, sino las propiedades más relevantes que se pueden deducir del orden de sus elementos y por qué, supone un desafío docente que requiere una serie de conocimientos previos en química, más aun cuando se repasa en que las propiedades generales descritas por los libros de texto, como la electronegatividad, el radio atómico o la afinidad electrónica no son más que la punta del iceberg.

Diferentes estudios demuestran como la TP esconde, en su estructura, otras tendencias no limitadas a los grupos y los periodos, como la relación diagonal entre elementos (a tener en cuenta entre Li y Mg, Be y Al, y B y Si); la similitud entre las fórmulas y estructuras químicas que forman los elementos del primer periodo de metales de transición y los elementos del tercer periodo del grupo principal (regla $n; n+10$); o la relación “movimiento del caballo” (Knight’s move en inglés, en referencia a la pieza de ajedrez), en la que se prueba como diferentes propiedades de sales de metales son casi idénticas en elementos metálicos que se encuentran a una distancia de dos casillas en horizontal y una en vertical (ejemplos son el cloruro de cinc y de estaño (II), el cloruro de cadmio y de plomo (II), o los nitratos y

cloruros de plata y talio (I) (Rayner-Canham, 2000).

Por todo lo anterior, y sin expectativas de enseñar propiedades de la TP que sean rebuscadas o que tan solo podrían satisfacer las necesidades de conocimiento de personas que cursen estudios avanzados en química, se considera apropiado dar un nuevo enfoque a la metodología de enseñanza a la hora de explicar cómo funcionan y el por qué de las propiedades generales de la TP.

2. Objetivos

Los objetivos de esta propuesta o proyecto de innovación docente (PID) son los siguientes, divididos en objetivos principales y secundarios:

Objetivos principales

- OBJ-P1: Conseguir que el alumnado aprenda las propiedades de la TP que se estudian con mayor frecuencia durante la secundaria y el bachillerato: afinidad electrónica, electronegatividad, energía de ionización, radio atómico y reactividad; pudiendo predecir como varían según la posición del elemento en la TP.
- OBJ-P2: Conseguir que el alumnado comprenda someramente por qué se dan esas tendencias en la TP para las cinco propiedades, explicando por qué varían las propiedades según la posición y viendo cómo las cinco propiedades de la tabla se pueden explicar prácticamente de la misma manera.
- OBJ-P3: Conseguir que el alumnado pueda explicar las propiedades de la TP y sus razones subyacentes al resto de alumnos de la clase y que éstos comprendan la explicación.

Objetivos secundarios

- OBJ-S1: Mejorar las habilidades relativas a la comunicación oral del alumnado.
- OBJ-S2: Mejorar las habilidades relacionadas con la capacidad de entender y explicar del alumnado.
- OBJ-S3: Fomentar el trabajo autónomo en el alumnado.
- OBJ-S4: Fomentar la búsqueda de información por parte del alumnado.
- OBJ-S5: Fomentar la creatividad y hacer ver la importancia del uso de modelos para fortalecer las explicaciones y divulgaciones científicas.

Además, este PID se enmarca dentro del currículo oficial del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Aragón y, por tanto, su función también es satisfacer o, al menos, complementar objetivos y estándares de aprendizaje de dicho currículo.

Los estándares de aprendizaje y los objetivos que este PID contempla se describen en el posterior apartado 4.1. "Contenidos del PID".

3. Fundamentación basada en estudios previos (marco teórico)

La TP se describe como un concepto sumamente central y de reconocida utilidad dentro de la comunidad científica, siendo ésta avalada por años de historia, y reconociendo que pocos docentes cuestionarían la importancia de enseñarla (Criswell, 2007).

Sin embargo, recopilaciones bibliográficas (Omar, 2017; Franco et al., 2012) relatan cómo la tabla periódica es un tema considerado difícil de explicar por muchos profesores,

dentro de que, también, muchos profesores de ciencias en secundaria encuentran dificultades generales a la hora de impartir su asignatura.

Esta situación se da a pesar de la aparente practicidad que en su propio concepto lleva la tabla periódica, siendo conceptualmente una herramienta para organizar y facilitar la interpretación de la materia y predecir sus formas de interaccionar. A raíz de ello se pueden hallar múltiples reportes que estudian cuestiones relacionadas con la tabla periódica.

Hay estudios que buscan dar respuesta a preguntas como “¿Qué conceptos se quiere realmente enseñar acerca de la tabla periódica?” “¿Cuáles son los principales desafíos a la hora de enseñar estos conceptos?” (Omar, 2017) “¿De qué manera se quiere que los alumnos interactúen con la tabla periódica en su aprendizaje?” “¿Qué modelo mental se quiere construir en los alumnos sobre la tabla periódica?” (Larson et al., 2012).

Y encontramos también estudios que afrontan diferentes cuestiones sobre la tabla periódica. Por ejemplo, un estudio que evalúa cómo la estructura de la tabla periódica deja conceptos fuera como el de isótopo y alótropo, y qué impacto tiene ésto sobre los estudiantes de química (Schmidt et al., 2002). Otros estudios evalúan o validan la aplicación de juegos como propuesta didáctica a la hora de enfrentarse a la impartición de la tabla periódica (Franco et al., 2015).

Algunos ejemplos de aproximaciones de acción docente más relacionados con este PID, al tratar propuestas concretas con las que enseñar las propiedades de la TP en

niveles de secundaria, bachillerato o análogos son:

- Larson et al., 2012: aproximación a la visibilización de la periodicidad de las propiedades de los elementos en la tabla mediante puzles de colores.
- Criswell, 2007: se refiere a una aproximación a las propiedades de los elementos en una actividad denominada “Ser Mendeleiev por tan sólo un día” que describe como popular en la docencia.

3.1. Posibles dificultades de aprendizaje

Se ha encontrado un estudio que ha resultado muy inspirador a la hora de determinar las dificultades de aprendizaje de esta PID. Este estudio, de Criswell, 2007, titulado “El error de Ser Mendeleiev por tan sólo un día”, describe las dificultades generales que tienen los alumnos a la hora de encontrar, entender y predecir la periodicidad de las propiedades de los elementos en la TP.

Una dificultad que se halla es que los alumnos que son introducidos a la TP tienden a pensar que los elementos que están cerca unos de los otros, independientemente de en qué dirección, comparten características similares, especialmente las características físicas. Por ejemplo, los estudiantes piensan que el color o el estado de la materia son propiedades que elementos cercanos comparten.

Esto demuestra que hay una dificultad general en “saltar” de las características macroscópicas y tangibles a las características micro, más profundas, pero que generan agrupamientos más coherentes.

Otra dificultad es integrar el concepto de periodicidad. A los alumnos les cuesta ver que la TP no sólo organiza elementos en grupos, sino que crea estructuras dentro de cada grupo. Esto permite plasmar las tendencias de las propiedades elementales y, por ello, ver luego cómo dichas propiedades varían según se recorre un grupo o un período. En definitiva: permite realizar predicciones de comportamiento de los elementos en diferentes ámbitos.

Dificultades hacia los objetivos

Relacionando los problemas potenciales de aprendizaje con los objetivos:

- **OBJ-P1:** la principal dificultad de este objetivo es que realmente depende de otros objetivos principales. Conseguir poder predecir si un elemento es, por ejemplo, más grande que otro, es cierto que se puede hacer aprendiéndose las normas direccionales de memoria. Sin embargo, este no es un objetivo de la PID y es además un método cortoplacista: en cuanto se deje de tratar el tema, caerán en el olvido las flechas y las direcciones de las propiedades. Por ello, se vincula este objetivo y la dificultad de su consecución al OBJ-P2.
- **OBJ-P2:** gracias a este objetivo pueden conseguirse éste y los OBJ-P1 y OBJ-P3. Si el alumnado comprende las razones detrás de por qué cambian las propiedades según nos movemos por la TP, pueden hacer predicciones. La principal adversidad de este objetivo es que los alumnos no cuenten con los conocimientos previos necesarios para seguir las explicaciones vinculadas que, si bien se pretende que no sean excesivas en su profundidad, requiere tener una

visión clara del modelo atómico de Bohr, conocer la interacción entre cargas, así como otros conceptos químicos como la reactividad química, la estabilidad, el ión, la regla del octeto y las configuraciones electrónicas, entre otros.

- **OBJ-P3:** este objetivo también puede ser conseguido si se logra alcanzar la consecución del OBJ-P2: para que un alumno sea capaz de explicar un concepto, cualquiera que sea, a un compañero, es primordial que el alumno que explica tenga el concepto claro. Además, es necesario que cuente con cierta fluidez en la oratoria e incluya en su léxico palabras del campo semántico científico. Por ello, la principal dificultad ligada a este objetivo es no reconocer correctamente las propiedades de la TP, en qué consisten, o qué cambia en cada átomo para que cambien las propiedades en vertical y horizontal.
- **OBJ-S1:** la principal dificultad de este objetivo es la falta de costumbre a la hora de realizar presentaciones o exposiciones en público. Especialmente en esta edad, donde la vergüenza o el qué dirán puede ser un condicionante importante a la hora de desempeñar mejor o peor en una exposición, habiendo alumnos que incluso pueden negarse a exponer por diversas razones de origen social.
- **OBJ-S2:** la principal dificultad de la mejora del “entender” del alumnado puede ser el hecho de que, al ser una actividad en la que los alumnos “dan la clase”, pueda producirse una disminución del nivel de la atención general de la clase al ser considerada menos seria que una clase ordinaria. Que la clase sea más laxa permite hacer actividades de este tipo

pero también puede ser malaprovechado para no esforzarse y no prestar atención, y el hecho de no tomárselo en serio puede ser también un impedimento a la hora de conseguir la segunda parte de este objetivo: conseguir que los alumnos se expliquen mejor.

- OBJ-S3: la principal dificultad de este objetivo del fomento del trabajo autónomo es la falta de interés o de compromiso con la actividad, con la asignatura o con el proceso educativo en general. Si un alumno no está motivado o no quiere participar, es muy difícil que lo haga o que lleve a cabo la actividad de manera satisfactoria, fomentando muy poco el trabajo autónomo o incluso causando rechazo a trabajar en cosas que no le son de interés.
- OBJ-S4: la misma dificultad existe para este objetivo que la que se ha descrito en OBJ-S3.
- OBJ-S5: la dificultad para este objetivo es una combinación de la descrita en OBJ-S3 y OBJ-P2, ya que, si los alumnos no cuentan con los conocimientos previos necesarios, es complicado que, incluso con el uso de modelos, sean capaces de reconocer o asociar partes del átomo o conceptos mal afianzados. Sin embargo, es verdad que una aproximación con modelos puede ser justo la pieza clave para superar un obstáculo conceptual para determinados alumnos.

4. Metodología

4.1. Contenidos del PID

Este PID se enmarca para ser desarrollado en un curso de primero de Bachillerato, dada la

profundidad de la temática a tratar y la aportación que puede hacer esta actividad al currículo de la asignatura de Física y Química de dicho curso.

Más concretamente, las partes del currículo con las que se relaciona este PID según la Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, son las siguientes:

Objetivos generales de la asignatura

- Obj.FQ.1. Conocer los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Física y de la Química, así como las estrategias empleadas en su construcción, con el fin de tener una visión global del desarrollo de estas ramas de la ciencia y de su papel social, de obtener una formación científica básica y de generar interés para poder desarrollar estudios posteriores más específicos.
- Obj.FQ.5. Analizar y sintetizar la información científica, así como adquirir la capacidad de expresarla y comunicarla utilizando la terminología adecuada.

Objetivos/criterios de evaluación concretos del curso de 1º de Bachillerato

Se ha escogido llevar a cabo este PID en 1º de Bachillerato pese a que los contenidos que en él se desarrollan corresponden de una manera más intrínseca al currículo de 4º de ESO, donde se encuentran los siguientes criterios de evaluación:

- Crit.FQ.2.2. Relacionar las propiedades de un elemento con su posición en la Tabla Periódica y su configuración electrónica.

- Crit.FQ.2.3. Agrupar por familias los elementos representativos según las recomendaciones de la IUPAC.
- Crit.FQ.2.4. Interpretar los distintos tipos de enlace químico a partir de la configuración electrónica de los elementos implicados y su posición en la Tabla Periódica.
- Crit.FQ.2.5. Justificar las propiedades de una sustancia a partir de la naturaleza de su enlace químico.
- Crit.FQ.2.6. Nombrar y formular compuestos inorgánicos ternarios según las normas IUPAC.

Por ello, cabría esperar que este PID sería de mayor utilidad durante dicho curso. Sin embargo, en 4º de ESO, el bloque 2: “la materia”, donde se introduce la TP al alumnado con toda la formulación inorgánica binaria y ternaria y, a menudo, buena parte de la orgánica básica, es un bloque muy amplio y, pese a que es en él donde se explican por primera vez las propiedades periódicas de la TP, éstas pueden verse ensombrecidas por otros contenidos a los que se les da una mayor importancia o prioridad en la docencia y la evaluación.

Esto resulta en que sea habitual que los alumnos no tengan claro u olviden qué son esas propiedades, qué implican, cómo cambian o a qué se deben. Por consiguiente, se ha considerado aplicar este PID en primero de Bachillerato, no únicamente a modo de repaso y de afianzamiento de contenidos, sino también con el objetivo de crear una base de mayor solidez de cara al bloque 3: “reacciones químicas”.

En este bloque, encontramos objetivos de evaluación como:

- Crit.FQ.3.1. Formular y nombrar correctamente las sustancias que intervienen en una reacción química dada.
- Crit.FQ.3.2. Interpretar las reacciones químicas y resolver problemas en los que intervengan reactivos limitantes, reactivos impuros y cuyo rendimiento no sea completo.

Estos objetivos resultan en métodos de evaluación y de desarrollo docente que incluyen diferentes problemas para los alumnos, requiriendo dichos problemas tener una noción clara de la “función” de cada átomo dentro de una molécula. Por ejemplo, se les pondrán reacciones ácido-base, en las que tendrán que saber que los hidrógenos del ácido son los que van a desprenderse de la molécula para enlazarse con los hidroxilos de la base, y que los cationes y aniones resultantes darán lugar a una sal.

Si bien es cierto que los alumnos estudian las “reglas” como “metal + no metal = enlace iónico” o “no metal + no metal = enlace covalente” y, con ellas, pueden predecir hasta cierto punto algunos comportamientos de las diferentes especies químicas, se considera que en primero de Bachillerato ya hay interés y base suficiente como para, basándose en las propiedades de la TP, puedan explicar los enlaces o los comportamientos previstos de los átomos en las moléculas desde una perspectiva de las propiedades periódicas de la TP.

Esto es, en sí, un nuevo punto de vista a tener en cuenta a la hora de explicar, ampliar y dar más herramientas al alumnado en lo que se refiere a qué esperar de los elementos químicos y sus interacciones más básicas para formar moléculas.

4.2. Contextualización

Este proyecto de PID se contempla para su aplicación en cualquier curso de 1º de Bachillerato que curse la asignatura de Física y Química.

Un ejemplo más concreto de un curso donde se podría desarrollar es en el Centro Privado de Educación Secundaria “La Salle Franciscanas Gran Vía”.

Se ubica en Zaragoza, en el distrito Universidad, en la cara sur de la Plaza de San Francisco. Este distrito zaragozano se caracteriza por presentar la mayor tasa de población con educación superior de toda la ciudad, del 30,4%, así como el de menor tasa de población sin estudios, del 24,7%.

En último lugar, es también el distrito más rico de Zaragoza, con una renta per cápita anual de 17.846 €, en contraposición a la media de la ciudad, de 11.807,17 €.

El centro cuenta con cuatro vías durante la Educación Secundaria Obligatoria y, posteriormente, en Bachillerato, cuenta con tres. Además, durante la ESO, cuenta con PMAR en los dos años correspondientes y un 4º de ESO “Agrupado”, contemplado para los alumnos provenientes de PMAR.

La información respecto al alumnado con la que se cuenta a la hora de realizar este PID no reporta ningún alumno con dificultades de aprendizaje o necesidades específicas. Sin embargo, si que se reporta que es un total de 33 alumnos y que hay un grupo que no tiene demasiado interés por la asignatura que supone el 30% de la clase. Es sensato asumir, por tanto, que este grupo menor va a presentar una dificultad relativa mayor a la hora de seguir la asignatura.

4.3. Metodología de la innovación e investigación

Este PID contempla cuatro sesiones para llevarse a cabo, diseñado para que el alumnado desarrolle una parte del trabajo fuera de las aulas. Respecto al método de enseñanza, se podría considerar un “mix” de ABP: aprendizaje basado en problemas y aprendizaje colaborativo.

Sesión 1

Para llevar a cabo esta parte del PID se empleará una sesión completa de una clase ordinaria, es decir, unos 50 minutos. En ella, se dividirá al alumnado de la clase, de manera aleatoria, en cinco grupos, formando grupos de 4, 5 o 6 personas (mejor cuantos menos integrantes conformen un grupo). Una vez divididos, se realizará un sorteo en el que se introducirán cinco papeletas en un “bingo” o análogo, como la mano de un alumno, y cada representante de cada grupo sacará una papeleta.

El orden será alfabético: se compararán los apellidos de cada grupo, primero dentro del grupo para escoger al representante, que será el que tenga el apellido con la inicial más tardía del abecedario. De los cinco representantes, sacarán las papeletas en orden alfabético ordinario y ese será el número del grupo (el primero que saque papeleta será del grupo 1, etcétera).

Las cinco papeletas contendrán cinco palabras, una cada una: electronegatividad, radio atómico, energía de ionización, reactividad y afinidad electrónica.

A continuación, se les pedirá a los alumnos, por orden de grupo, que escojan un elemento de la tabla periódica. Se les dirá que no pueden escoger actínidos ni lantánidos.

Cuando todos hayan cogido las papeletas y elegido el elemento, se les expondrá a los alumnos la actividad: tendrán que realizar una presentación a modo de póster o de diapositiva única en la que expliquen cómo varía la propiedad de la TP que describa su papeleta. Podrán escoger si hacerlo a mano, en cuyo caso lo harán en una cartulina tamaño A2, o mediante el empleo de las TIC, para lo cual podrán emplear cualquier herramienta de presentación como MS PowerPoint.

Para hacerlo, tomarán como referencia el elemento que hayan seleccionado y deberán tomar otros dos: uno que comparta grupo con el elemento seleccionado y otro que comparta período. Estos dos elementos los seleccionarán autónomamente.

El poster deberá emplear el modelo atómico de Bohr como base para explicar cómo cambian la propiedad en cuestión entre los tres elementos. Otras indicaciones para hacer el poster incluyen:

- Dividir el poster en dos partes mediante una división vertical en la mitad. Dedicar la mitad izquierda para explicar los cambios en el grupo y la mitad derecha para los del período.
- El póster debe ser casi exclusivamente gráfico, conteniendo el número de palabras estrictamente necesario.

Por último, se les comunicará el verdadero objetivo de la actividad: en dos sesiones posteriores de clase deberán exponer el póster ante sus compañeros y explicarlo, de manera que se aseguren de que sus compañeros entienden cómo cambia la propiedad que les ha tocado en un grupo y en un período, empleando los elementos seleccionados como ejemplo.

Se explicará que esa es la razón por la que se pide mantener el nivel de texto reducido en el póster, ya que este no va a ser más que un apoyo gráfico para la exposición de los alumnos, que deberán usar sus propias explicaciones para conseguir que sus compañeros entiendan las ideas que quieren transmitir, para lo que tendrán un máximo de 15 minutos.

De manera que todos los alumnos puedan participar en la actividad, y dando por hecho que es poco viable que expliquen un concepto entre cinco personas, se propondrá que, dentro de cada grupo, se dividan el trabajo. Lo propuesto será que dos alumnos se dediquen a hacer el poster y los otros tres, a exponer en clase. De esta manera, quedaría repartida la tarea, entre cinco alumnos, de la siguiente manera:

- Alumno 1 diseña la parte del póster relativa al cambio de la propiedad en el grupo.
- Alumno 2 diseña la parte del póster referida al período.
- Alumno 3 expone el concepto de la propiedad de la TP en clase.
- Alumno 4 expone cómo cambia la propiedad en el grupo.
- Alumno 5 expone cómo cambia la propiedad en el período.

Para finalizar la explicación de la actividad, se les dirá a los alumnos que una gran parte de la evaluación de esta actividad provendrá de sus compañeros: éstos valorarán la calidad no sólo del póster sino de las explicaciones de sus compañeros. Además, se les hará saber que habrá una última sesión en la que los alumnos harán un pequeño control acerca de las propiedades periódicas

de la tabla -más indicaciones se darán el mismo día del control-.

Una vez hayan consensuado qué tres elementos van a tratar, qué propiedad les ha tocado y que “rol” seguirá cada alumno dentro del grupo, la comunicarán al profesor en una hoja que les será entregada en clase junto con los integrantes del grupo (ver Anexo I).

Sesión 2 y 3

Las sesiones 2 y 3 son idénticas: consistirán en las exposiciones de los alumnos.

Los grupos de alumnos saldrán por orden de grupo a exponer su propiedad de la TP, empleando el póster como método gráfico y como base de su explicación. Mientras un grupo expone, los otros cuatro grupos atenderán y rellenarán hojas de cuestiones (ver Anexo II) de manera individual, no grupal, relacionadas con la calidad del póster y de la exposición de los alumnos que exponen. El profesor también rellenará las mismas hojas para los grupos que exponen, igual que los alumnos.

La nota que dan los alumnos sobre los compañeros será para todo el grupo, de manera que se valorará la calidad del póster incluso para los que no lo hayan diseñado y la calidad de la exposición para los que no hayan expuesto.

Antes y durante las exposiciones, se hará hincapié a los alumnos que deben estar atentos, tomar notas y resolver dudas acerca de lo que no entiendan, ya que se les va a hacer una pequeña prueba sobre estos contenidos.

Sesión 4

La sesión cuatro será una pequeña prueba de evaluación que servirá tanto para evaluar ordinariamente a los alumnos de cara al curso como para comprobar la eficacia de este PID.

En esta evaluación, los alumnos se pondrán en los grupos previamente existentes y se les dará una hoja con cuestiones que deberán rellenar. Esta hoja se rellenará de manera grupal y la puntuación será para todos los alumnos del grupo, con lo que se pretende terminar de fomentar la participación y el aprendizaje cooperativo.

Esta prueba, que durará unos 35 minutos, será específica para cada grupo, de manera que se asegure que ningún grupo tiene que describir la propiedad sobre la que ha trabajado. En el Anexo III se exponen las cinco preguntas que habrá en cada prueba, así como más detalles acerca de las condiciones de la prueba. Detallar que ningún grupo se examinará de su propia propiedad.

Por último, en esta sesión se pasará un cuestionario (ver Anexo IV) para valorar el proceso de enseñanza y la satisfacción general del alumnado con la actividad.

5. Evaluación

5.1. Aspectos a evaluar del desempeño de los alumnos en el PID

Se evalúan del PID, en relación con los alumnos, los siguientes ítems:

- Calidad de la exposición (30%): se calculará la media que hayan puntuado los alumnos (de 1 a 5) de todos los ítems relacionados con la calidad de la exposición. Esta nota será el 60% de la

nota de calidad de la exposición. El otro 40% será de la media de todos los ítems relacionados con la calidad de la exposición rellenos por el profesor, también de 1 a 5. Se multiplicará el resultado por dos para obtener una nota de 1 a 10 en este apartado.

- Calidad del póster (30%): se calculará de la misma manera que la calidad de la exposición.
- Prueba de evaluación (40%): como cada grupo se enfrentará a cuatro opciones, pero resolverán las preguntas de sólo dos opciones. Se evaluará cada individualmente como un examen al uso. Las puntuaciones de cada opción serán de hasta 5 puntos y el profesor valorará la calidad de las respuestas, también teniendo en cuenta la calidad de las exposiciones de cada propiedad.

En la siguiente figura se expone gráficamente cómo se obtiene la nota de cada alumno.



5.2. Información sobre la evaluación a los alumnos

Además de toda la información acerca de la actividad que ya se les comunica, siguiendo las directrices del punto 4.3. de este trabajo, se les comunicará todo el proceso de evaluación durante la primera sesión, si sobra tiempo.

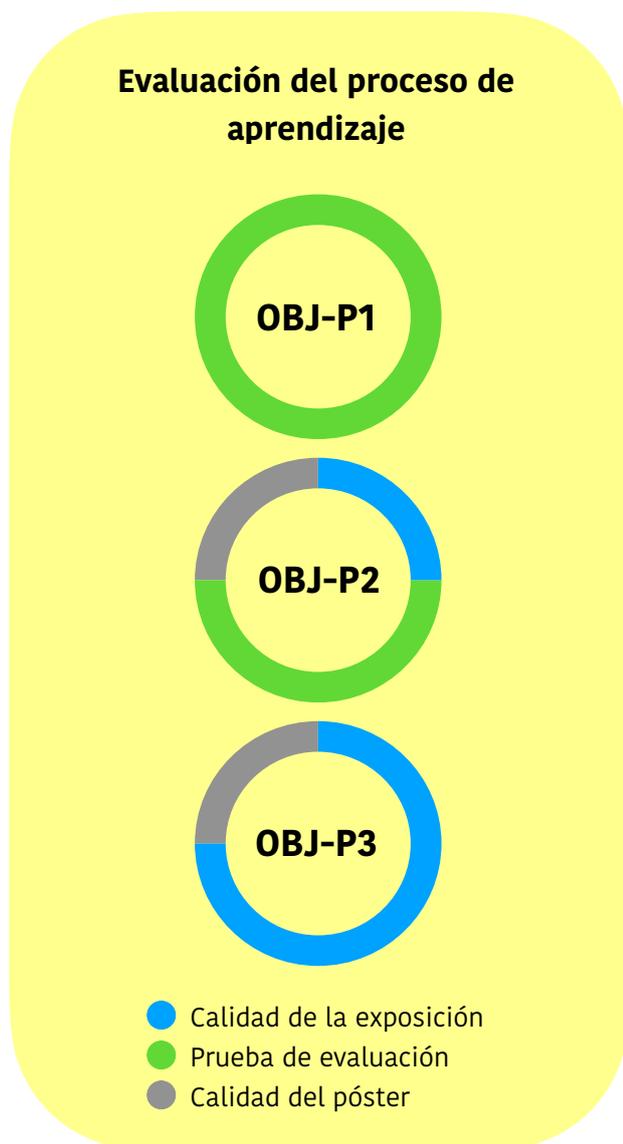
Si no, es de esperar que en la sesión 2 o en la 3 sobre algo de tiempo de las exposiciones, momento que se aprovechará para exponer los porcentajes y los métodos de cálculo de la nota de la actividad.

5.3. Evaluación del proceso de aprendizaje

Se evalúan, de cara a valorar la consecución de objetivos principales del PID y, por tanto, su eficacia, los siguientes ítems:

- OBJ-P1: este objetivo se valorará íntegramente con la media de la nota de la prueba de evaluación de los grupos de alumnos. Esta nota de los “conocimientos adquiridos” será la nota, sobre 10, de la consecución de este objetivo.
- OBJ-P2: este objetivo se valorará ponderando el 50% de la media de la nota de la prueba de evaluación de los grupos de alumnos. Otro 25% que se ponderará será la nota de “calidad de la exposición” media de la clase. El 25% restante será la nota de “calidad del póster” media de la clase.
- OBJ-P3: este objetivo se valorará ponderando un 25% de la nota de “calidad del póster” media de la clase y un 75% de la nota “calidad de la exposición” media de la clase.

En las siguientes figuras se expone gráficamente el cálculo de esta evaluación.



5.4. Evaluación del proceso de enseñanza

Como ya se ha descrito en el apartado 4.3., en la sesión cuatro se pasará un cuestionario (ver Anexo IV) para valorar el proceso de enseñanza y la satisfacción general del alumnado con la actividad, que conformará esta evaluación.

6. Bibliografía

Campbell, J. (1989). Let Us Make the Table Periodic. *J. Chem. Educ.* 1989, 66, 739-740.

Criswell, B, (2007). Mistake of Having Students Be Mendeleev for Just a Day. *J. Chem. Educ.* 2007, 84, 1120-1144.

Franco, A., Oliva, J.M., Bernal, S. (2012). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Primera parte: los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica. *Educ. quím.*, 2012, 23(3), 338-345.

Franco, A., Oliva, J.M., Bernal, S. (2012). Una revisión bibliográfica sobre el papel de los juegos didácticos en el estudio de los elementos químicos. Primera parte: los juegos al servicio del conocimiento de la Tabla Periódica. *Educ. quím.*, 2012, 23(4), 474-481.

Franco, A., Oliva, J.M., Almoraima, M.L. (2015). Students' Perceptions about the Use of Educational Games as a Tool for Teaching the Periodic Table of Elements at the High School Level. *J. Chem. Educ.* 2015, 92, 278-285.

Larson, K., Long, G., Briggs, M. (2012). Periodic Properties and Inquiry: Student Mental Models Observed during a Periodic Table Puzzle Activity. *J. Chem. Educ.* 2012, 89, 1491-1498. Petrucci, R. (2011). *Química General*, 10ª edición. Editorial Pearson.

Omar, H. (2017). Reflections on Teaching Periodic Table Concepts: A Case Study of Selected Schools in South Africa. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education* 2017, 1563-1573.

Rayner-Canham, G. (2000). Periodic Patterns. *J. Chem. Educ.* 2000, 77, 1053-1056.

Schmidt, H.J., Baumgärtner, T., Eybe, H. (2003). Changing Ideas about the Periodic Table of Elements and Students' Alternative Concepts of Isotopes and Allotropes. *Journal of research in science teaching*, 2003, 40, 257-277.

Anexo I: hoja de grupo (Sesión 1)

Los 5 sentidos de la Tabla Periódica: hoja de grupo

1. Grupo número:

2. Propiedad de la Tabla Periódica:

3. Elemento principal seleccionado:

4. Elemento seleccionado del mismo grupo:

5. Elemento seleccionado del mismo período:

6. Rellenad los siguientes datos del grupo. En la casilla rol, elegir entre “exponer grupo”, “exponer período”, “exponer propiedad”, “diseñar póster grupo”, “diseñar póster período”:

	Apellidos, nombre	Rol en el grupo
Alumno 1		
Alumno 2		
Alumno 3		
Alumno 4		
Alumno 5		

Anexo II: hoja de coevaluación (Sesiones 2 y 3)

Hoja de coevaluación

Rellena las siguientes rúbricas marcando con una cruz las casillas correspondientes, siendo 5 más de acuerdo y 1 más en desacuerdo con la cuestión. Hay preguntas que sólo aceptan la respuesta de 1 o 5 porque describen cuestiones de sí o no: “no” se puntúa con 1 y “sí” con 5.

Rúbrica de cuestiones acerca de la calidad del póster	1	2	3	4	5
Se nota que está hecho con dedicación: está cuidado, bonito y trabajado.					
El póster me ayuda a entender la explicación que dan mis compañeros.					
Mis compañeros han puesto el texto justo, sin extenderse demasiado.					
La estructura del póster es la adecuada: está más grande lo que interesa que se vea más (modelos, etc.) y en más pequeño lo menos importante.					
El estilo seleccionado para hacer el póster (letra, dibujos, colores, modelos, detalles) es adecuado para la explicación y para gustar al que lo lea.					
Puedo entender la propiedad que me están explicando sólo con mirar el póster, sin necesitar su explicación.					
En el póster aparecen claras la propiedad que se está tratando, el nombre del grupo y de sus integrantes y los elementos que se comparan para explicar la propiedad.					
Mis compañeros han empleado el modelo atómico de Bohr para explicar la variación de la propiedad en el póster.					
El póster está estructurado dividido en dos, explicando una mitad las diferencias del grupo y la otra mitad las diferencias con el período.					
El póster emplea los tres elementos de referencia escogidos para explicar las diferencias entre grupo y entre período.					
Rúbrica de cuestiones acerca de la calidad de la exposición	1	2	3	4	5
He entendido en qué consiste la propiedad de la tabla que me han explicado.					
He entendido cómo varía la propiedad si subo o bajo en un mismo grupo.					
He entendido cómo varía la propiedad si me muevo horizontalmente en un mismo período.					
Mis compañeros han expuesto la propiedad de una manera ordenada, resaltando los puntos principales.					
La explicación ha sido suficiente como para que yo tome notas y, gracias a la explicación y mis notas, pueda explicárselo bien a otra persona.					
Mis compañeros han usado el póster para basar su explicación, los modelos del póster, etc.					
Mis compañeros han leído el póster directamente en lugar de apoyarse en él.					
Mis compañeros han expuesto con suficiente tono de voz, vocalizando y, en general, “controlando la situación”. Diría que han sido “buenos profesores”.					
Mis compañeros han atendido y respondido alguna duda, y esa respuesta ha sido satisfactoria.					
Exponen, al menos, dos alumnos de cada grupo.					

Anexo III: prueba de evaluación del PID (Sesión 4)

Prueba de evaluación

Nombre:**Grupo de la actividad:****Apellidos:****Propiedad de la tabla:**

En esta prueba, cada opción vale 5 puntos. Esta prueba vale el 40% de la nota de la actividad “Los cinco sentidos de la Tabla Periódica”. Sólo debes contestar dos de las cinco opciones, y que ninguna de esas dos puede ser aquella opción que trate la propiedad de la que tu grupo ha hecho el trabajo.

Opción 1. Electronegatividad (1 punto cada subpregunta)

- ¿En qué consiste la electronegatividad de un elemento?
- ¿Por qué decimos que la electronegatividad no es una propiedad absoluta?
- ¿Quién es la persona que describió por primera vez la electronegatividad de manera significativa?
- Describe cómo cambia la electronegatividad a lo largo de un mismo grupo de la tabla periódica, empleando dibujos y explicaciones para fundamentarlo.
- ¿Cuál es el elemento más electronegativo de la tabla periódica?

Opción 2. Afinidad electrónica (1 punto cada subpregunta)

- ¿En qué consiste la afinidad electrónica de un elemento?
- ¿Cómo varía, generalmente, la energía de un átomo cuando este recibe un electrón? ¿Por qué gana o pierde energía?
- Hay elementos que tienen una afinidad electrónica positiva, en lugar de negativa ¿qué quiere decir esto? Explícalo con tus palabras.
- Describe cómo cambia la afinidad electrónica a lo largo de un mismo período de la tabla periódica, empleando dibujos y explicaciones para fundamentarlo.
- ¿Cuál es el elemento con mayor afinidad electrónica de la tabla periódica?

Opción 3. Energía de ionización (1 punto cada subpregunta)

- ¿En qué consiste la energía de ionización de un elemento?
- ¿Puede haber varias energías de ionización para un mismo elemento? ¿Como cambiará su valor?
- ¿Qué relación hay entre la energía de ionización de un átomo con su tamaño? Explica por qué.
- Describe cómo cambia la energía de ionización a lo largo de un mismo grupo de la tabla periódica, empleando dibujos y explicaciones para fundamentarlo.
- El proceso relacionado con el concepto de la energía de ionización, ¿qué tipo de cambio energético supone para un átomo? ¿Aumenta o disminuye su energía? ¿Hará falta aplicarle energía externa? Explícalo.

Opción 4. Reactividad (1,25 puntos cada subpregunta)

- a) ¿En qué consiste la reactividad de un elemento?
- b) Explica como, a diferencia del resto de propiedades de la tabla, que tienden a crecer en una u otra dirección, en lo que se refiere a reactividad podemos decir que tanto el Na como el Cl son elementos altamente reactivos. ¿Por qué son estos elementos tan reactivos?
- c) Dentro de los dos grandes grupos de la tabla, ¿cuál es el elemento más reactivo de cada grupo?
- d) Hay elementos que destacan por ser muy poco reactivos, tanto que prácticamente se considera que no reaccionan. ¿Cuáles son y a qué se debe?

Opción 5. Radio atómico (1 punto cada subpregunta)

- a) ¿Qué es el radio atómico de un elemento?
- b) ¿Cómo varía el radio atómico de un elemento no metal al recibir un electrón? Explícalo. ¿Cómo se llama el ión resultante y que carga neta tendrá?
- c) En un mismo grupo de la tabla periódica, si vamos hacia abajo, aumenta el número de electrones. ¿Aumenta el tamaño del átomo? Explícalo empleando dibujos para fundamentarlo.
- d) En un mismo período de la tabla periódica, si vamos hacia la derecha, aumenta el número de electrones. ¿Aumenta el tamaño del átomo? Explícalo empleando dibujos para fundamentarlo.
- e) ¿Cuáles son el elemento más grande y el más pequeño de la tabla periódica?

Anexo IV: hoja de valoración del proceso de enseñanza y satisfacción con la actividad (Sesión 4)

Rellena la siguiente rúbrica marcando con una cruz las casillas correspondientes, siendo 5 más de acuerdo y 1 más en desacuerdo con la cuestión.

Hoja de valoración de la actividad

Cuestiones	1	2	3	4	5
En general, esta actividad me ha gustado.					
Esta actividad me ha enseñado cosas que no sabía o de las que no me acordaba.					
Creo que, gracias a esta actividad, me costará olvidar las propiedades de la tabla periódica.					
Gracias a esta actividad creo que puedo explicarme un poco mejor, no sólo las propiedades de la tabla periódica, sino en general.					
Me ha gustado la idea de ser profesor por un día y explicar cosas a mis compañeros, así como que me expliquen cosas ellos a mí. Aprender entre nosotros me gusta.					
La realización del póster me ha parecido útil.					
Esta actividad me ha supuesto un esfuerzo moderado y razonable. (Puntuar bajo esta pregunta da a entender que te ha costado más tiempo del que te gustaría haberle destinado).					
En general, esta actividad ha sido divertida, amena y entretenida.					
El profesor ha dado indicaciones claras sobre el funcionamiento de la actividad y su desarrollo.					
El profesor ha recomendado cómo hacer los pósters y como exponer, dando directrices y consejos.					
El profesor ha resuelto mis dudas si las he tenido acerca de diferentes conceptos que se tratan en esta actividad.					
El profesor ha explicado cómo me ha evaluado antes de evaluarme.					
El profesor ha explicado qué pretende que aprendamos de esta actividad y por qué es importante para nuestra formación en química.					
Gracias a esta actividad creo que me interesa un poco más la química o las ciencias en general.					
Ahora entiendo por qué la tabla periódica se llama así y la importancia que tiene en la química moderna.					