

## Prácticas de laboratorio en la formación a distancia: un caso práctico

Dunia E. Santiago\*, Elisenda Pulido-Melián\*

Grupo de Innovación Educativa Interdisciplinar en Ingeniería Industrial (GIE3I), Dpto. de Ingeniería de Procesos, Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tafira, 35017 Las Palmas, Spain. E-mail:

[dsantiago@proyinves.ulpgc.es](mailto:dsantiago@proyinves.ulpgc.es), [elisenda.pulido@ulpgc.es](mailto:elisenda.pulido@ulpgc.es)

### RESUMEN

Es conocido que las prácticas de laboratorio son un pilar básico en muchos planes de estudio, especialmente en las áreas de ingeniería y arquitectura y ciencias. El diseño de las mismas orientado hacia la resolución de problemas y el descubrimiento ha demostrado favorecer el aprendizaje del alumnado. Asimismo, en el laboratorio se potencian algunas competencias transversales como la autonomía o la comunicación eficaz oral y escrita. La teleformación, cada vez más en auge, requiere un re-diseño de las prácticas de laboratorio tradicionales. En este sentido se han creado diversos laboratorios virtuales, mayormente a nivel de estudios de secundaria pero también a nivel universitario, que abarcan diversas áreas. Esto, sin embargo, no suple a los laboratorios presenciales en el campo de la Química, donde se hace necesario que el alumnado experimente de forma autónoma y con la suficiente flexibilidad para que adquiera las habilidades necesarias. Una alternativa es la experimentación en casa. Las referencias existentes al respecto a nivel universitario describen experiencias cualitativas pero no abarcan la obtención de datos numéricos experimentales que permitan efectuar un análisis cuantitativo de los mismos. Es por ello, que en este trabajo, hemos diseñado una práctica casera en la que se desarrollan, incluso cuantitativamente, algunos conceptos fundamentales de la Cinética Química y de la Catálisis aplicados al tratamiento de aguas.

**Palabras clave:** Prácticas de laboratorio, cinética química, formación a distancia

### 1. INTRODUCCIÓN

En el área de la Química la presencialidad se hace imprescindible en las prácticas de laboratorio debido a la importancia que adquiere sobre sus resultados el manejo de los equipos, la preparación de disoluciones, etc. El estudio de las velocidades de las reacciones químicas y los factores que las afectan son contenidos comunes en las asignaturas de Química General y otras más específicas como Cinética Química y Catálisis Aplicada.

#### 1.1 Las prácticas de laboratorio: modalidades de enseñanza

Las prácticas de laboratorio son imprescindibles en los planes de estudio de determinadas titulaciones, en especial en las ramas de conocimiento de ciencias e ingeniería y arquitectura. Es en las prácticas donde los/as estudiantes ponen a prueba los conceptos estudiados, afianzando los conocimientos adquiridos en las sesiones teóricas. Además, en el laboratorio se pretenden desarrollar competencias generales y transversales como son el trabajo autónomo, la comunicación eficaz oral y escrita, la promoción de la investigación como posible contribución a la mejora continua de la profesión y, en su caso, el trabajo en equipo.

Sin embargo, según encuestas realizadas a estudiantes y profesores/as, la percepción generalizada sobre las prácticas es que son de tipo receta, donde los/as estudiantes siguen determinados pasos para llegar a unas conclusiones dadas de antemano<sup>1,2</sup>. Esto coincide con el modelo de laboratorio *formal* descrito por Kirschner<sup>3</sup>. El diseño de las prácticas de acuerdo a otros modelos, como el experimental o el divergente, descritos por el mismo autor, y que están orientados al descubrimiento y la resolución de problemas con el material disponible en el laboratorio, podrían aumentar la motivación del alumnado. Así, se ha descrito que la orientación de las prácticas de laboratorio hacia la resolución de problemas a través de enfoques didácticos acordes con la naturaleza de la actividad científica favorecen el aprendizaje<sup>2</sup>.

Por otra parte, en los últimos años ha aumentado considerablemente la teleformación en estudios universitarios. Así, de acuerdo con la base de datos QEDU<sup>4</sup>, del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España, existen actualmente 316 grados oficiales disponibles para cursar semi/no presencial, lo que supone un 9,2% de la oferta total (presencial y semi/no presencial). En el ámbito de las ciencias e ingeniería, son 26 los grados oficiales ofertados en

esta modalidad, lo que supone un 3,1%. La crisis sanitaria debido al COVID-19 ha obligado además a readaptar el segundo semestre del curso 2019/2020 a la no presencialidad y a adaptar el curso 2020/2021 a una presencialidad adaptada. Esto hace necesario llevar la experimentación a entornos virtuales, mediante el uso simulaciones, videos producidos por el profesorado o el uso de la videoconferencia para clases de experimentación síncronas donde el/la estudiante puede ver el experimento en tiempo real<sup>5,6</sup>. La ventaja de esta modalidad radica en una disminución de costes para la Universidad debido a la reducción de grupos y, por tanto, menor necesidad de infraestructura y el ahorro de las necesidades de desplazamiento para los/as estudiantes.

Existen varias referencias del uso de laboratorios virtuales, sobre todo en el ámbito de las telecomunicaciones, la electrónica y la informática<sup>7-10</sup>, aunque también se han encontrado referencias de esta práctica en la rama de ciencias con buenos resultados de aprendizaje y satisfacción por parte del estudiantado<sup>11</sup>. Existen laboratorios virtuales para prácticamente cualquier rama de conocimiento<sup>12-16</sup> y a todos los niveles educativos; también en el ámbito de la química<sup>17,18</sup>. De igual forma existen proyectos donde se emplea la realidad virtual<sup>19-22</sup>. Sin embargo, esta metodología deja a los/as alumnos/as sin poder realizar la experimentación por sí mismos en las áreas de conocimiento donde esto resulta fundamental, como la química o la ingeniería química, quedando además muy limitada la posibilidad de la aplicación del modelo de aprendizaje experimental o divergente. Es por ello que en este trabajo se presenta una opción alternativa a los laboratorios virtuales. Consiste en que los/as alumnos/as puedan realizar la experimentación con materiales disponibles en supermercados, tiendas de mascotas, ferreterías o farmacias: lo que podría llamarse *prácticas caseras*.

En cuanto a las referencias existentes relacionadas con *prácticas caseras* en el campo de la química, existen muchas referencias sobre este tipo de experimentos, sobre todo a nivel no universitario, y que se basan principalmente en la demostración cualitativa<sup>23-27</sup>. Sin embargo, las referencias en las que se logren datos suficientes a partir de la experimentación 100% casera para hacer un análisis cuantitativo de los mismos son muy escasas<sup>25,28</sup>.

## 1.2 Problemática de las aguas residuales contaminadas con colorantes

Los colorantes industriales son contaminantes problemáticos debido a que sus elevadas masas moleculares, estructuras complejas y gran solubilidad, persisten en el medio acuático. Se utilizan en multitud de sectores como imprentas, compañías textiles, curtidurías o fábricas de papel, entre otros. La presencia de colorantes en efluentes acuosos acusa gran impacto visual incluso a concentraciones reducidas del orden de  $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Además, la existencia de sustancias coloreadas en ríos y lagos afecta a la actividad fotosintética pues dificulta la penetración de la radiación solar, lo que implica graves consecuencias para los ecosistemas acuáticos.

Entre estos productos coloreados se encuentra el azul de metileno, compuesto heterocíclico aromático derivado de la tiazina, que tiene multitud de aplicaciones en diversos campos como biología, medicina e industria química. El azul de metileno es de uso frecuente en el tratamiento de peces, como antihongo<sup>29</sup>.

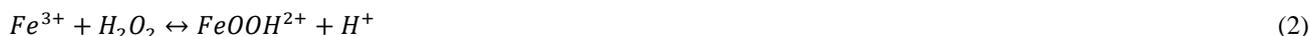
## 1.3 La reacción de Fenton

El tratamiento de aguas residuales se lleva a cabo normalmente mediante un tratamiento biológico convencional. Esto es válido para aquellas aguas residuales en las que la relación Demanda Bioquímica de Oxígeno/Demanda Química de Oxígeno,  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$ , sea de alrededor de 0,6 o mayor. Para efluentes cuya relación  $\text{DBO}_5/\text{DQO}$  sea menor, como es el caso de la mayor parte de aguas contaminadas por colorantes, hablamos de aguas de baja biodegradabilidad: en estos casos deben buscarse soluciones alternativas de tratamiento<sup>30</sup>. Una de las soluciones planteadas es el empleo de técnicas avanzadas de oxidación (TAOs), que son aquellas en las que se generan especies altamente oxidantes, especialmente el radical hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ), con objeto de oxidar la materia orgánica<sup>31</sup>. Entre estas técnicas se encuentran los procesos de Fenton y foto-Fenton.

La reacción de Fenton es un proceso de oxidación propuesto por H. J. H Fenton (1894) para la oxidación de ácido tartárico<sup>32</sup>. El método se basa en la generación de radicales hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ) altamente oxidantes por la adición de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , a sales metálicas de hierro,  $\text{Fe(II)}$ , en disolución (reacción 1).



En la anterior ecuación se observa que el hierro cambia de estado, de  $\text{Fe(II)}$  a  $\text{Fe(III)}$ . Posteriormente el  $\text{Fe(III)}$  puede reducirse reaccionando con el exceso de  $\text{H}_2\text{O}_2$  y producir la regeneración del  $\text{Fe(II)}$ , aunque este proceso es más lento (reacciones 2 a 4).





Los radicales hidroxilo generados en estos procesos son fuertes agentes oxidantes capaces de oxidar a la materia orgánica presente (RH) en el agua (reacción 5).



La velocidad de degradación de los contaminantes pueden aumentar significativamente si incorporamos radiación UV-visible al proceso. Este proceso se conoce como foto-Fenton. Este es un proceso fotocatalítico ya que el ion Fe(II) oxidado a Fe(III) mediante la reacción de Fenton es reducido a Fe(II) rápidamente por acción de la radiación (reacciones 6 y 7).



La concentración de Fe(II) que se necesita en el proceso de foto-Fenton es, por tanto, inferior a la que se requiere para la reacción de Fenton.

Por otra parte, el pH es uno de los principales factores que deben controlarse en los procesos de Fenton debido a la especiación del hierro y a la estabilidad del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en solución, que varían en función de este parámetro<sup>33</sup>. Es por ello que estos procesos se dan preferentemente a aquellos valores de pH en los que se encuentra una mayor fracción de hierro en su forma soluble; esto es, entre pH 2 y 4. La salinidad también es un factor a tener en cuenta debido a que puede influir sobre la especiación del hierro, y por tanto, sobre su solubilidad<sup>34</sup>.

Por último, es muy importante optimizar las cantidades de Fe(II) y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> añadidas a la reacción porque si se añaden cantidades inferiores a las necesarias no se completará la reacción y si se añaden cantidades en exceso se pueden producir reacciones indeseables, como el consumo de radicales hidroxilo por parte de los reactivos de Fenton (reacciones 8 a 10) que reducen la velocidad de reacción.



Cuando no se tiene experiencia previa en qué cantidades de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> añadir para la oxidación por Fenton de un compuesto, se proponen varias opciones en la bibliografía para hacer una primera aproximación: una de ellas consiste en determinar la demanda química de oxígeno, DQO, y suponer que todo el oxígeno necesario para la oxidación del compuesto proviene de la descomposición del agua oxigenada.

En cuanto a la cantidad de Fe(II) a añadir al sistema, varios autores han propuesto una relación molar óptima H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe(II) entre 10 y 25 pero esta relación debe estudiarse detenidamente para cada caso<sup>35</sup>.

#### 1.4 La velocidad de las reacciones químicas

Todas las reacciones químicas se producen con una velocidad que depende principalmente del carácter de las sustancias que reaccionan, el número de moles y superficie expuesta de las mismas, condiciones del medio reaccionante como la temperatura y la presencia de catalizadores.

Las ecuaciones cinéticas son los modelos matemáticos que describen cómo varía la velocidad con la modificación de los factores que la afectan. Para los sistemas reacciones irreversibles en fase homogénea más simples se suele cumplir la siguiente ecuación:

$$\frac{dC_A}{dt} = r = kC_A^a C_B^b C_C^c \dots \dots \quad (11)$$

, donde:

- $r$  es la velocidad de reacción, con unidades de concentración/tiempo
- $A, B$  y  $C$  son los distintos reactivos y catalizadores
- $C$  es la concentración

- $a$ ,  $b$  y  $c$  son los órdenes de reacción
- $k$  es la constante de velocidad

Si además, las concentraciones de todos los reactivos y catalizadores se mantienen constante salvo la de uno, se puede simplificar:

$$\frac{dC_A}{dt} = r = k' C_A^a \quad (12)$$

, donde

- $k'$  la constante aparente de velocidad.

La ecuación 13 se linealiza tomando logaritmos:

$$\log r = \log k' + a \log C_A \quad (13)$$

Para determinar la velocidad de reacción se tomarán medidas de los tiempos de reacción necesarios para la eliminación de la concentración inicial del reactivo de referencia (A) y se aplicará el cociente  $C_{A0}/t$ . Representando  $\log r$  vs.  $\log C_{A0}$  se obtendrá una recta cuya pendiente de reacción será el orden de reacción respecto al reactivo A.

## 2. OBJETIVOS

En este trabajo se diseña una práctica experimental de laboratorio para nivel universitario que pueda ser desarrollada por el alumnado en casa, es decir, un experimento casero. Es una práctica que puede ser impartida en asignaturas de grado o máster relacionadas con la cinética, la catálisis, el tratamiento de aguas residuales y la ingeniería ambiental. Con esta experimentación se pretende dotar al alumnado de conocimientos en las técnicas avanzadas de oxidación como alternativa para el tratamiento de aguas residuales que no pueden ser tratadas por métodos convencionales de depuración debido a su baja biodegradabilidad aplicando conceptos de cinética y catálisis.

## 3. METODOLOGÍA

A continuación se describen los materiales y reactivos necesarios para llevar a cabo la actividad propuesta, comparando la situación de práctica en el laboratorio con la práctica en casa. Asimismo se describe el procedimiento a seguir así como los datos y resultados de su tratamiento que se pueden obtener.

### 3.1 Materiales y reactivos

Los materiales y reactivos necesarios para llevar a cabo esta práctica, tanto en el laboratorio como su alternativa en casa, se detallan en la Tabla 1. Para los materiales empleados en casa se indica además dónde pueden conseguirse. La mayoría de los productos necesarios pueden obtenerse en farmacias o supermercados.

Tabla 1. Materiales y reactivos necesarios para realizar la práctica.

Materiales y reactivos necesarios			
Material de laboratorio	Material equivalente en casa	¿Dónde conseguirlo?	Coste estimado
Sulfato de hierro (II)	Tardyferon 80 mg	Farmacia	3,00 €
Agua oxigenada 4,9%	Agua oxigenada	Supermercado/farmacia	0,90 €
Ácido clorhídrico 20%	Salfumant	Supermercado/ferretería	1,00 €
Azul de metileno	Kordon Methylene blue*	Tiendas de animales	5,00 €
Agua destilada	Agua destilada (5L)	Supermercado	2,00 €
Báscula con precisión 0,01 g	Báscula de cocina	Hipermercado/ferretería	10,00 €
Matraces aforados	Botellas de agua vacías	Supermercado	- €
Probetas	Jarra medidora de cocina	Supermercado	1,00 €
Cuentagotas	Cuentagotas	Farmacia	0,10 €
Pipetas	Jeringa 5/10 mL	Farmacia	0,10 €
Agitador	Agitación manual		- €
	Mortero de cocina	Hipermercado/bazar	3,00 €
TOTAL			26,10 €

\*Puede emplearse cualquier antifúngico para acuarios, aunque debe comprobarse en la composición que sea 100% azul de metileno, sin mezcla con otros compuestos, como acriflavina o verde de malaquita.

El azul de metileno sólo estará disponible para la venta al público en tiendas de animales. Cabe destacar que la mayoría de fungicidas comerciales para acuariofilia están compuestos de azul de metileno y otros compuestos, como verde de malaquita, aunque sí existen en el mercado algunos productos a base de azul de metileno exclusivamente. Este compuesto puede obtenerse también en tiendas populares de internet, como eBay o Amazon. Sin embargo, debido al coste y la menor accesibilidad inmediata a este reactivo, pudiera plantearse el envío al domicilio de los/as estudiantes la cantidad necesaria (dos dosis ya pesadas) de azul de metileno para llevar a cabo la práctica. Esto evitaría además que aquellos/as estudiantes que no disponen de báscula con una precisión de 0,01 gramos tengan que adquirirla. Con ello, el coste total estimado de los materiales necesarios para hacer la práctica quedaría reducido a 11,10 €, suponiendo que los/as estudiantes deban comprar también el material de cocina necesario, como el mortero o la jarra medidora. Si ya disponen de estos elementos en casa, el coste sería de 7,10 €.

### 3.2 Desarrollo de la práctica

En esta práctica se prepararán disoluciones de distintas concentraciones de azul de metileno y se acidificará para asegurar que el pH sea inferior a 4. Se partirá de una disolución de  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno y se preparará a partir de ella disoluciones de 50, 25, 12,5, 6,25 y  $3,12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectivamente, tal como se muestra en la Figura 1A. Para la preparación de las disoluciones se empleará agua destilada y se hará uso de la jarra medidora y las botellas de agua. Posteriormente se acidificarán las disoluciones añadiendo, con el gotero, 1 mL de ácido clorhídrico al 20% (Salfumant).

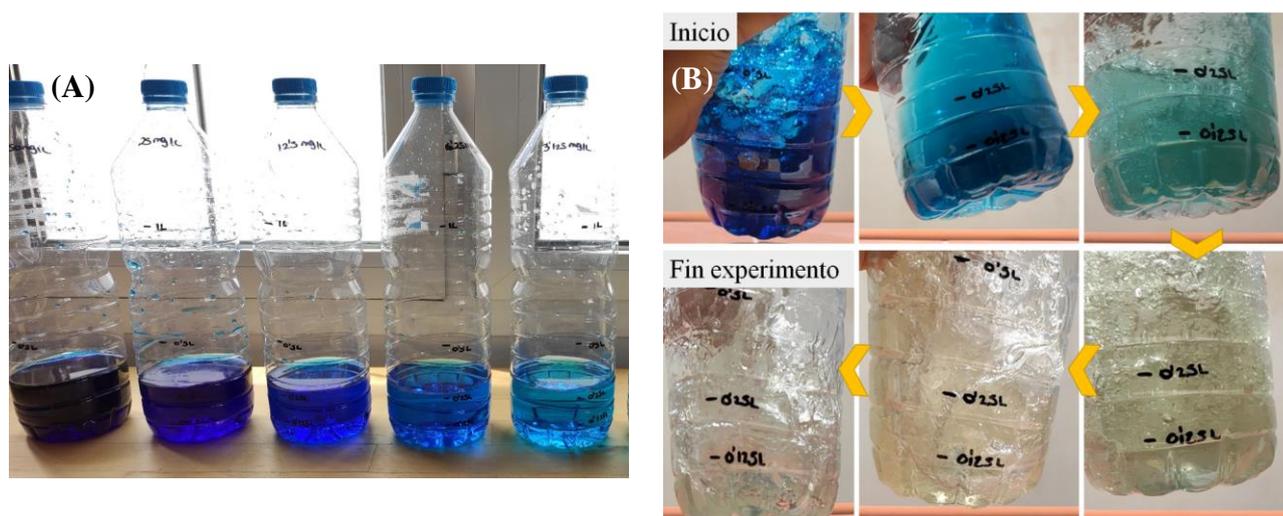


Figura 1. (A) Disoluciones de 50, 25, 12,5, 6,25 y  $3,12 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno. (B) Evolución del experimento de decolorización de  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno por foto-Fenton.

La práctica consiste en varios ensayos. En primer lugar, se hallará el orden de reacción respecto del azul de metileno al mantener constante el resto de las variables para el proceso foto-Fenton de cada una de las disoluciones preparadas en el apartado anterior. Para ello, se añadirá a 250 mL de cada disolución una concentración fija de sulfato de hierro (II) (80 mg) y de agua oxigenada (5 mL de una disolución al 4,9%), se pondrá la botella/reactor inmediatamente al sol y se cronometrará el tiempo que transcurre hasta que la disolución queda de color amarillo suave/casi transparente. Deberá agitarse la botella/reactor continuamente mientras dure la reacción de decoloración. Para añadir el sulfato de hierro debe removerse la cápsula de las pastillas de Tardyferon y reducir el tamaño del polvo de la pastilla ayudándonos de un mortero. Es importante que antes de añadir el agua oxigenada la mayor parte del hierro haya quedado bien disuelto. Siempre quedará sin embargo una fracción sin disolver, que se corresponde con los excipientes del medicamento.

En la Figura 1B se muestra el transcurso de la reacción de  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno mediante foto-Fenton como muestra de los cambios de color a lo largo de la misma. La representación de  $\log(C_{A0}/t)$  vs.  $\log C_{A0}$  deberá dar como resultado un orden de reacción igual a 1, calculado a partir de la pendiente de la recta resultante, con un valor de  $R^2$  que deberá ser superior a 0,99.

Una vez hallado el orden de reacción, se evaluará el efecto de varios parámetros sobre la velocidad de reacción, tal como se detalla a continuación.

- Evaluación del efecto de la concentración de agua oxigenada: Se repite el experimento con  $25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno, pero en esta ocasión se añaden 10 mL de agua oxigenada al 4,9% en lugar de 5 mL. Se deberá observar un aumento del tiempo de reacción debido al exceso de agua oxigenada. En concreto, aumentará de unos 4 a unos 8 minutos.
- Evaluación del efecto de la radiación solar: Se repite el experimento con  $25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno, pero en esta ocasión se mantiene el reactor en oscuridad (es suficiente con no ponerlo al sol). En este caso las reacciones que tendrán lugar serán las reacciones 1 a 4 (Fenton). Se deberá observar un aumento del tiempo de reacción, en concreto de unos 4 a unos 60 minutos.
- Evaluación del efecto del pH: Se repite el experimento de foto-Fenton con  $25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de azul de metileno, pero sin acidificar la disolución. Se deberá observar un aumento del tiempo de reacción, en concreto de unos 4 a unos 30 minutos. Además, en este caso el color final es amarillo oscuro debido a la precipitación del hierro.

#### 4. EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Esta propuesta se planteará durante el curso 2020/2021 en la asignatura de Catálisis Aplicada de 4º curso del Grado en Ingeniería Química. Se ha diseñado el sistema de indicadores para evaluar la metodología de la actividad, basado en los cuestionarios específicos sobre prácticas de laboratorio, LAS<sup>36</sup>, LCAS<sup>37</sup> y el desarrollado por Albert Gómez et al<sup>38</sup>.

En primer lugar se enviará un cuestionario anónimo a los/as estudiantes antes de desarrollar la actividad, con el objeto de conocer la satisfacción de los mismos con la propuesta, la posible influencia de la misma en su motivación y su intencionalidad para llevar a cabo la actividad.

El segundo indicador a emplear será la influencia de esta metodología sobre el rendimiento académico de los/as estudiantes en cuanto a los conceptos desarrollados mediante la actividad, así como un cuestionario post-actividad. Para ello, se establecerá un grupo de alumnos/as que participen en esta actividad y otro grupo de control, con una docencia tradicional.

El cuestionario pre-actividad específico diseñado para este trabajo está actualmente en la fase de validación de contenido mediante juicio de expertos. El detalle del primer borrador de la misma puede consultarse en la Tabla 2. Las respuestas siguen una escala tipo Likert, donde 1 significa totalmente en desacuerdo, 2 en desacuerdo, 3 ni acuerdo ni en desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

Tabla 2. Cuestionario pre-actividad enviado a expertos para la validación de contenido.

<p>Preguntas iniciales: edad, sexo, titulación, ¿es la primera vez que cursas esta asignatura?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. En casa cuento con condiciones favorables (espacio, tranquilidad, etc.) para la realización de esta práctica.</li><li>2. Puedo recopilar los materiales necesarios para el desarrollo de la práctica fácilmente.</li><li>3. No tengo inconveniente en recopilar el material necesario para la práctica por mí mismo/a.</li><li>4. No tengo inconveniente en invertir en torno a 7€ en el material necesario para llevar a cabo la práctica en casa.</li><li>5. Considero que tres semanas es tiempo suficiente para la recopilación del material necesario para llevar a cabo la práctica en casa.</li><li>6. Considero que puedo realizar la práctica sin una tutorización síncrona por parte del/de la profesor/a.</li><li>7. Creo que, una vez recopilado todo el material, puedo hacer el trabajo experimental en dos horas.</li><li>8. Me veo capaz de realizar la práctica propuesta en casa.</li><li>9. Me encuentro motivado/a para llevar a cabo esta actividad.</li><li>10. El planteamiento de esta actividad hace que mi interés en la asignatura aumente.</li><li>11. Considero que la realización de esta práctica aumentará mis conocimientos para adecuarme a las demandas del mundo laboral.</li><li>12. Considero que la realización de esta práctica aumentará mis habilidades para adecuarme a las demandas del mundo laboral.</li><li>13. Considero que la realización de esta práctica aumentará mi capacidad resolutoria.</li><li>14. Esta práctica me permitirá estar plenamente actualizado en las nuevas tendencias dentro este ámbito laboral y profesional.</li><li>15. En general, creo que quedará satisfecho con la actividad.</li><li>16. Prefiero el desarrollo de una práctica en casa a una práctica totalmente online mediante visualización de vídeos.</li><li>17. Considero que el trabajo experimental es necesario para alcanzar los objetivos de aprendizaje de esta práctica.</li><li>18. Considero que los conocimientos que adquiriré mediante la práctica en casa serán equivalentes a los que hubiera adquirido en el laboratorio.</li><li>19. Considero que las destrezas y habilidades que adquiriré mediante la práctica en casa serán equivalentes a los que hubiera adquirido en el laboratorio.</li><li>20. Considero que la metodología empleada en esta práctica fomentará mi aprendizaje.</li><li>21. El guion incluye una explicación clara de los pasos a seguir para realizar la práctica.</li><li>22. Considero que los contenidos de la práctica están actualizados.</li><li>23. Considero que la realización de prácticas en casa es una técnica innovadora.</li></ol>
---

## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha pretendido adaptar la docencia práctica presencial a la no presencialidad. En este sentido, existen diversos laboratorios virtuales, incluyendo varios a nivel universitario, que pretenden acercar al alumnado al laboratorio mediante el uso de vídeos e incluso realidad virtual. Sin embargo, pretendemos que no se pierda de vista el contacto de los/as estudiantes con la experimentación en química de forma presencial, que resulta de especial importancia para adquirir habilidades en el laboratorio. Es por ello que nos centramos en las denominadas *prácticas caseras*. Se encuentran diversas referencias en este aspecto, aunque todas a nivel cualitativo y de demostración de conceptos. Es por ello que hemos diseñado una práctica de cinética química y catálisis en la que los/as estudiantes puedan obtener resultados equiparables a aquellos obtenidos en el laboratorio para el análisis cuantitativo de los datos.

Para el desarrollo de la práctica el alumnado tendrá que emplear materiales caseros, que se pueden encontrar fácilmente en ferreterías, farmacias, tiendas de mascotas o supermercados. El coste estimado para el/la estudiante es de entre 7,10€ y 26,10€. El menor coste implica el envío del reactivo principal, azul de metileno, en dosis ya preparadas, a los domicilios de cada estudiante.

Como continuación de este trabajo se enviará un cuestionario al alumnado para valorar su predisposición y motivación hacia la realización de esta actividad y se evaluará el desempeño de los/as estudiantes participantes en la actividad frente a un grupo control que no participe.

## REFERENCIAS

- [1] Sebastia, J. M., “¿Qué se pretende en los laboratorios de física universitaria?,” *Enseñanza las ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas* **5**(3), 196–204 (1987).
- [2] Flores, J., Caballero Sahelices, M. C. and Moreira, M. A., “El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje,” *Rev. Invest. (Guadalajara)*. **33**(68), 75–111 (2009).
- [3] Kirschner, P. A., “Epistemology, practical work and Academic skills in science education,” *Sci. Educ.* **1**(3), 273–299 (1992).
- [4] Ministerio de Ciencia Educación y Universidades., “QEDU - Qué Estudiar y Dónde en la Universidad,” 2020, <<https://www.educacion.gob.es/notasdecorte/compBdDo>> (12 September 2020 ).
- [5] De La Torre, L., Heradio, R., Jara, C. A., Sanchez, J., Dormido, S., Torres, F. and Candelas, F. A., “Providing collaborative support to virtual and remote laboratories,” *IEEE Trans. Learn. Technol.* **6**(4), 312–323 (2013).
- [6] Vary, J. P., “Informe de la reunión de expertos sobre laboratorios virtuales, organizada por el Instituto Internacional de Física Teórica y Aplicada (IITAP), Ames, Iowa, con el apoyo de la UNESCO,” París (2000).
- [7] Castillo, E. and Guerrero, C., “Implementación de prácticas de laboratorio en la educación virtual de los programas de ingeniería electrónica y telecomunicaciones,” *Rev. Virtu@lmente* **7**(1), 29–44 (2016).
- [8] Zuluaga Toro, C. A., Sánchez Toro, C. G. and Rodríguez Ortiz, E. A., “Laboratorio de Automática Vía Internet (LAVI),” *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind.* **2**(2), 30–35 (2010).
- [9] Infante, J. C., “Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas,” *Rev. Mex. Investig. Educ.* **19**(62), 917–937 (2014).
- [10] Carmen, M., Antonia, N., Fernando, H., Carmen, M., Antonia, N. and Fernando, H., “El laboratorio virtual: una herramienta para afrontar el desgranamiento,” *Congr. Iberoam. Ciencia, Tecnol. Innovación y Educ.*, 1–16, Buenos Aires, Argentina (2014).
- [11] Monge Nájera, J. and Méndez Estrada, V. H., “Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales,” *Rev. Educ.* **31**(1), 19 (2013).
- [12] Pérez Pulido, A. J., “Estudiantes de Biotecnología realizan sus prácticas con laboratorios virtuales en línea a través del Aula Virtual,” *Univ. Pablo Olavide*, 2020, <<https://www.upo.es/diario/comunidad/2020/03/estudiantes-de-biotecnologia-realizan-sus-practicas-con-laboratorios-virtuales-en-linea-a-traves-del-aula-virtual/>> (12 September 2020 ).
- [13] Universidad Politécnica de Madrid., “Laboratorios Virtuales UPM,” 2020, <<https://3dlabs.upm.es/index.php>> (12 September 2020 ).
- [14] Universitat de Valencia., “Laboratori Virtual de Física Quàntica,” 2020, <<https://www.uv.es/uvweb/departamento-fisica-teorica/es/laboratorio-virtual-fisica-cuantica-1286086076802.html>> (12 September 2020 ).

- [15] Universidad Europea., “MyLabs - Laboratorios virtuales,” 2020, <<https://universidadeuropea.es/experiencia-universitaria/servicios/mylabs-laboratorios-virtuales>> (12 September 2020).
- [16] Universitat Internacional de Catalunya., “Laboratorio virtual,” 2020, <<http://www.uic.es/es/salud/laboratorios/laboratorio-virtual>> (12 September 2020).
- [17] GRAO., “Laboratorios virtuales de química,” 2020, <<https://www.grao.com/es/producto/laboratorios-virtuales-de-quimica>> (12 September 2020).
- [18] Gobierno de Canarias., “Publicaciones etiquetadas ‘laboratorio virtual,’” 2020, <<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/recursosdigitales/tag/laboratorio-virtual/>> (12 September 2020).
- [19] Catedra de Tecnologías Médicas ULPGC., “La Cátedra participa en un Proyecto de Innovación Educativa de la ULPGC,” 2019, <<https://ctm.ulpgc.es/pie2019>> (13 September 2020).
- [20] Zapatero Guillén, D., “La realidad virtual como recurso y herramienta útil para la docencia y la investigación,” *TE Rev. Iberoam. Technol. en Educ. y Educ. en Technol.* **6**(6), 17–23 (2011).
- [21] Juanes Méndez, J. A., “Desarrollo de entornos tecnológicos, de ambientes inmersivos, para la innovación en la docencia de la anatomía y la cirugía,” Salamanca (2017).
- [22] Tena Pajuelo, N., Aparicio Ruíz, R., Díaz Montaña, E., Jara Palacios, M. J. and Al, E., “Aplicación de la realidad virtual a determinaciones analíticas volumétricas: la dureza del agua,” 2020, <<http://ra.sav.us.es/index.php/realidad-virtual/111-dureza-agua>> (13 September 2020).
- [23] Junta de Andalucía., [100 experimentos sencillos de Física y Química] (2014).
- [24] Osorio G., R. and Gómez García, A., [Experimentos divertidos de química para jóvenes], Medellín (2004).
- [25] Tomás Serrano, A. and García Molina, R., [Experimentos de física y química en tiempos de crisis], Universidad de Murcia, Murcia (2018).
- [26] Jimeno Castillo, F., “diverCiencia,” 2020, <<https://www.iestiemposmodernos.com/oldweb/diverciencia/>> (12 September 2020).
- [27] Bueno Garesse, E., “Aprendiendo química en casa,” *Rev. Eureka sobre Enseñanza y Divulg. las Ciencias* **1**(1), 45–51 (2004).
- [28] Kennepohl, D., “Using home-laboratory kits to teach general chemistry,” *Chem. Educ. Res. Pract.* **8**(3), 337–346 (2007).
- [29] Abrahams, D. and Brown, W. D., “Evaluation of fungicides for *Haliphthoros milfordensis* and their toxicity to juvenile European lobsters,” *Aquaculture* **12**(1), 31–40 (1977).
- [30] Domènech, X. and Jardim, W. F., “Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes.,” [Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea], ByToner, Ed., La Plata, Argentina, 3–26 (2001).
- [31] Glaze, W. H., Kang, J.-W. and Chapin, D. H., “The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Radiation,” *Ozone Sci. Eng.* **9**(4), 335–352 (1987).
- [32] Fenton, H. J. H., “LXXIII.—Oxidation of tartaric acid in presence of iron,” *J. Chem. Soc. Trans.* **65**(0), 899–910 (1894).
- [33] Clarke, N. and Danielsson, L.-G., “The simultaneous speciation of aluminium and iron in a flow-injection system,” *Anal. Chim. Acta* **306**(1), 5–20 (1995).
- [34] Millero, F. J., Yao, W. and Aicher, J., “The speciation of Fe(II) and Fe(III) in natural waters,” *Mar. Chem.* **50**(1), 21–39 (1995).
- [35] Kim, S.-M. and Vogelpohl, A., “Degradation of Organic Pollutants by the Photo-Fenton-Process,” *Chem. Eng. Technol.* **21**(2), 187–191 (1998).
- [36] Boud, D. J., “The laboratory aims questionnaire-A new method for course improvement?,” *High. Educ.* **2**(1), 81–94 (1973).
- [37] Corwin, L. A., Runyon, C., Robinson, A. and Dolan, E. L., “The laboratory course assessment survey: A tool to measure three dimensions of research-course design,” *CBE Life Sci. Educ.* **14**(4), 1–20 (2015).
- [38] Albert Gómez, M. J., García Pérez Calabuig, M. and Díaz Orueta, G., “La evaluación como instrumento de formación para el aprendizaje a través de los laboratorios remotos,” *REDU. Rev. Docencia Univ.* **14**(1), 377 (2016).