



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS

Título

Uso del smartphone en el laboratorio de Química de Bachillerato

Autor/es

ALBERTO MORAL RUIZ

Director/es

RODRIGO MARTÍNEZ RUIZ

Facultad

Escuela de Máster y Doctorado de la Universidad de La Rioja

Titulación

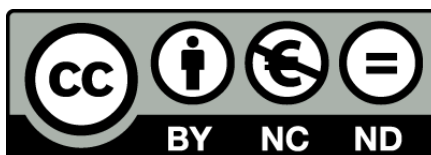
Máster Universitario de Profesorado, especialidad Física y Química

Departamento

QUÍMICA

Curso académico

2017-18



Uso del smartphone en el laboratorio de Química de Bachillerato, de ALBERTO MORAL RUIZ

(publicada por la Universidad de La Rioja) se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported.

Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

© El autor, 2018

© Universidad de La Rioja, 2018
publicaciones.unirioja.es
E-mail: publicaciones@unirioja.es

Trabajo de Fin de Máster

Uso del smartphone en el laboratorio de Química de Bachillerato

Autor:

Alberto Moral Ruiz

Tutor/es:Rodrigo Martínez Ruiz

MÁSTER:

Máster en Profesorado, Física y Química (M02A)

Escuela de Máster y Doctorado



**UNIVERSIDAD
DE LA RIOJA**

AÑO ACADÉMICO: 2017/2018

Agradecimientos

A Tanis por ayudarme a diseñar la práctica y volver a enseñarme después de tantos años.

A Mari José por dejarme a sus alumnos.

A los trece alumnos de 1º y 2º de Bachillerato del IES Hermanos D'Elhuyar por prestarse a ayudarme con el experimento.

A María por aparecer de la nada y quedarte.

A mi familia por estar siempre ahí.

A Raúl por ayudarme a sacar lo mejor de mí mismo.

ÍNDICE

1.	RESUMEN Y ABSTRACT	1
1.1.	Resumen.....	1
1.2.	Abstract.....	2
2.	INTRODUCCIÓN.	3
3.	MARCO TEÓRICO.....	5
3.1.	Smartphone y adolescentes.....	5
3.2.	Neuroeducación.....	6
3.3.	Smartphones en el aula.	8
4.	ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	9
5.	OBJETIVOS.....	13
5.	METODOLOGÍA.	15
5.1.	Fundamento teórico.	15
5.2.	Desarrollo de la práctica.....	17
5.3.	Inclusión de la práctica en una Unidad Didáctica.....	18
5.3.1.	Competencias.....	19
5.3.2.	Contenidos.	20
5.3.3.	Criterios de evaluación.....	20
5.3.4.	Estándares de aprendizaje evaluables.....	20
5.3.5.	Evaluación de la actividad y atención a la diversidad.....	20
5.4.	Presupuesto.....	21
6.	RESULTADOS.....	23
6.1.	Comparación de los métodos.....	23
6.1.1.	Rectas de calibrado.....	23
6.1.2.	Determinación de la concentración de sulfato de cobre.....	24
6.2.	Revisión del cuestionario.....	25
6.3.	Estudio de las encuestas de satisfacción.....	26
7.	CONCLUSIONES	31

8. BIBLIOGRAFÍA	33
-----------------------	----

1. RESUMEN Y ABSTRACT

1.1. Resumen

Los alumnos de Secundaria tienen dificultades con las asignaturas de Ciencias, lo que desemboca en su abandono en la elección de Bachillerato o carrera universitaria. Los adolescentes actuales son una generación que usa con frecuencia sus smartphones, siendo un dispositivo habitual en su día a día. Para favorecer la motivación y el aprendizaje de las Ciencias se propone emplear el smartphone en las clases.

En este proyecto se realizó una práctica de laboratorio, que consistió en la determinación de una disolución de sulfato de cobre de concentración desconocida, empleando como instrumento de medida un smartphone y un espectrofotómetro.

La práctica la realizaron un total de trece alumnos, lo que supuso una muestra demasiado pequeña y poco representativa de la población adolescente. Los trece alumnos tras realizar la práctica respondieron a un cuestionario y una encuesta de satisfacción.

Analíticamente, los resultados obtenidos con el smartphone fueron peores que los obtenidos con el espectrofotómetro, aunque fueron aceptables, teniendo en cuenta que se empleó como detector la cámara de un smartphone. Las encuestas concluyeron que los alumnos quieren acudir con más frecuencia al laboratorio y respecto al smartphone tienen ideas diversas. En cuanto al cuestionario, todos los alumnos respondieron correctamente a todas las preguntas.

1.2. Abstract

High school students have difficulty with Science subjects, which leads to their abandonment in the choice of Bachillerato or university degree. Today's teenagers are a generation that often uses their smartphones, being a regular device in their day-to-day. To encourage the motivation and the learning of the Sciences it is proposed to use the smartphone in the classes.

In this project, a laboratory practice was carried out, which consisted in the determination of a dissolution of copper sulphate of unknown concentration, using as measuring instrument a smartphone and a spectrophotometer.

The practice was done by a total of thirteen students, which represented a sample too small and not representative of the adolescent population. The thirteen students after doing the practice responded to a questionnaire and a satisfaction survey.

Analytically, the results obtained with the smartphone were worse than those obtained with the spectrophotometer, although they were acceptable, considering that the camera of a smartphone was used as a detector. The surveys concluded that students want to go more often to the lab and respect to the use of smartphone they had distinct ideas. As for the questionnaire, all the students responded correctly to all the questions.

2. INTRODUCCIÓN.

La falta de interés y motivación por parte de los alumnos frente a las ciencias es algo que se hace cada vez más evidente. El "Informe Rocard" sostiene que el hecho que una de las causas de la disminución puede ser la forma en que se enseña la Ciencia (COSCE, 2011). Otros estudios defienden que la enseñanza de las ciencias no se trata desde un punto de vista más cualitativo y experimental, con un enfoque hacia las relaciones CTS (ciencia, tecnología, sociedad) y la historia de las ciencias (Solbes, 2007).

A lo largo de los últimos 16 años ha disminuido un 18 % el número de alumnos que cursan la modalidad de Ciencias durante el Bachillerato. Además, un 17% de los alumnos que cursan esta modalidad de Bachillerato, la abandonan en el salto a la Universidad, tendiendo hacia titulaciones de Ciencias Sociales y Jurídicas o Artes y Humanidades (Esteve y Solbes, 2017).

En otro estudio, se observa como los alumnos consideran las asignaturas de ciencias como aburridas, difíciles y excesivamente teóricas. Además, tienen una visión negativa de la Ciencia, especialmente de la Física y de la Química, atribuyendo un papel importante en aspectos como la contaminación o el desarrollo de armamentos. Sin embargo, son menos conocedores de los aspectos positivos como los valores que aportan (razonamiento crítico, método científico, etc.) o la contribución a la resolución de problemas de la raza humana (desarrollo de medicamentos, búsqueda de nuevos materiales, etc.). (Solbes, 2011)

Por lo tanto, es necesario cambiar la perspectiva de las ciencias, conseguir captar el interés de los alumnos y aumentar su motivación respecto a ella, de forma que aumente el aprendizaje significativo. El objetivo debería ser, no solo conseguir formar científicos, si no también conseguir que los profesionales de otras áreas tengan un conocimiento acerca de las ciencias básico. De esta forma, se evitaría la falta de cultura científica que permite el desarrollo la homeopatía y otras pseudociencias y pseudoterapias similares y se alcance una sociedad con un cierto rigor científico, capaz de no ser engañada.

3. MARCO TEÓRICO.

3.1. Smartphone y adolescentes.

El uso del smartphone es algo que caracteriza a la generación Z o *postmillennial* (1995 en adelante). Prácticamente todos los adolescentes cuentan con un smartphone que manejan con total soltura, todos se desenvuelven con gran fluidez en el manejo de los ordenadores y son capaces de adaptarse al uso de otros dispositivos tecnológicos con facilidad (Fernández Cruz y Fernández Díaz, 2016).

Es un hecho evidente que los adolescentes hacen un uso continuo de sus smartphones, es habitual cruzarse por la calle con jóvenes que se encuentran caminando mirando a la pantalla o que en los descansos entre clase y clase revisan su teléfono, incluso algunos alumnos, desgraciadamente, utilizan su móvil durante las clases.

Emplean el smartphone para comunicarse entre ellos por medio de aplicaciones de mensajería instantánea (Whatsapp, Telegram, etc.) (del Barrio Fernández y Ruiz Fernández, 2017), para compartir sus vivencias en las redes sociales (Instagram, Twitter, Facebook, etc.) (Campos Martínez, 2015) o para pasar el rato con juegos (Fernández, 2014). Es decir, usan el smartphone para comunicarse, entretenerse y compartir su vida. Es un dispositivo que está tan integrado en sus vidas que se convierte también en su agenda, su despertador, su cámara de fotos, etc. (Cuesta Cambra y Gaspar Herrero, 2013).

Como se estudió en la asignatura de Aprendizaje y Desarrollo de la Personalidad (Fonseca Pedrero, 2017), la adolescencia es una etapa convulsa, en la que los estudiantes sufren cambios a nivel físico, emocional, social y cognitivo. En el ámbito socioemocional, se caracteriza por el desarrollo del autoconcepto y la autoestima, es decir, por la imagen y aprecio que se tiene hacia uno mismo. Tanto la autoestima como el autoconcepto son factores claves para el buen desarrollo del adolescente en todos los ámbitos. Ambas consideraciones están afectadas por lo que se publica sobre ellos en las redes, especialmente el autoconcepto.

El uso de los smartphones permite publicar en tiempo real sus opiniones (Twitter, Facebook) o imágenes suyas (Instagram, Snapchat). El efecto que causen entre sus grupos sociales tendrá influencia tanto en el autoconcepto como en la autoestima, así como una alta exposición de su autoimagen (Gairín y Mecader, 2018).

Sin embargo, el uso de los smartphones también tiene sus inconvenientes: la facilidad para compartir información deviene en una pérdida de privacidad, se produce un aislamiento del entorno, también se pueden deteriorar las relaciones familiares y disminuye la capacidad de expresión oral, escrita y corporal por el hecho de comunicarse a través de los smartphones (Cuesta Cambra y Gaspar Herrero, 2013).

Los perjuicios provocados por el uso indebido de los smartphones pueden traducirse en trastornos en el sueño (Randler et al., 2016) o adicción al uso de estos dispositivos. Los usos más peligrosos de los smartphones son el “sexting” y el “cyberbullying”. El “sexting” consiste en el envío de contenido sexual por redes sociales o aplicaciones de mensajería. El “cyberbullying” o ciberacoso consiste en la utilización de los medios de comunicación digital para generar acoso a otros adolescentes (Gaspar Herrero y Cuesta Díaz, 2015).

Resumiendo, el smartphone permite a los adolescentes conectarse entre ellos y lo emplean con total soltura, sin embargo, su uso indebido puede perjudicarles. Por ello es necesario concienciar a los estudiantes sobre como emplear estos dispositivos de forma correcta.

3.2. Neuroeducación.

Durante la asignatura de Aprendizaje y Desarrollo de la Personalidad, también se tuvo que realizar una página web (Peña y Moral, 2017) acerca de la neuroeducación, lo que permitió un primer contacto con esta disciplina.

La neuroeducación es una nueva perspectiva de la enseñanza basada en la neurociencia. Consiste en llevar los conocimientos que se han adquirido acerca del funcionamiento del cerebro a las aulas para mejorar el aprendizaje (Campos, 2010).

La inclusión de la neuroeducación en el aula se debe basar en los siguientes aspectos (Mora, 2017):

- Emoción: las emociones son procesos inconscientes que se usan para comunicarnos y sobrevivir, y para hacer más sólidos los procesos de aprendizaje y memoria. El binomio emoción-cognición es inseparable, por lo que se tratan de procesos que se desarrollan al unísono. Por tanto, la enseñanza tiene que ir siempre de la mano de la emoción.
- Curiosidad: es una característica innata del mamífero. Se despierta ante aquello que rompe con la monotonía. En el caso del estudio, la curiosidad epidémico-sistémica permite el desarrollo de un pensamiento analítico y crítico. La curiosidad es la antesala de la motivación.
- Memoria: la memoria alberga todo aquello que nos identifica y que permite identificarnos frente al mundo. La memoria es susceptible de ser transformada por medio de nueva información, lo que nos lleva a pensar en la gran necesidad de repetición, memorización y actualización de lo aprendido. Gracias a la memoria se transmiten conocimientos y se crea cultura. Existen varios tipos de memoria, entre las que destacan las memorias conscientes (como la explícita o declarativa), que generalmente se asocia como “memoria humana”, y las memorias inconscientes (aprender a conducir o a montar en bicicleta).
- Atención: es necesaria para aprender y memorizar. Sin atención no existe aprendizaje, ni memoria explícita, ni conocimiento, pues se trata del mecanismo cerebral que se requiere para ser consciente de algo.
- Aprendizaje: aprender es una conducta innata, intrínseca a la vida, para ser capaz de sobrevivir. Con cada aprendizaje se produce un cambio en el cerebro. Para aprender es necesario estar en contacto con el mundo, y este contacto directo se realiza a través de la conducta. Existen diversos componentes necesarios para el aprendizaje, desde el componente sensorial y emocional al componente motor.

Por lo tanto, es necesario que los alumnos sientan emoción y curiosidad para facilitar su aprendizaje y la memorización de los conceptos. En el ámbito de las ciencias, habrá que conseguir que los estudiantes se interesen por su estudio, que les apasione, para conseguir un aprendizaje significativo.

3.3. Smartphones en el aula.

En los apartados anteriores se ha llegado a la conclusión de que los adolescentes actualmente usan constantemente el smartphone. También se ha concluido que es necesario buscar que los alumnos tengan interés por lo que aprenden para que lo aprendan mejor. Por tanto, introducir el smartphone en las aulas podría resultar beneficioso.

El uso de aplicaciones de teléfono puede beneficiar el aprendizaje. En un trabajo realizado por Torres, Bañón y López se recoge un análisis de 50 aplicaciones que se pueden emplear en la enseñanza de Física y Química (Torres, Bañón, y López, 2017). En él, se valoran varios aspectos como función, motivación generada, calidad o facilidad entre otros. Otros estudios también hablan del uso de aplicaciones de realidad aumentada para facilitar el aprendizaje de Química en la Universidad (Williams y Pence, 2011).

También se han encontrado estudios en los que se emplea el smartphone para facilitar la clase invertida (Mohamed y Lamia, 2018), fomentar hábitos saludables entre adolescentes (Carrión et al., 2016) o en que se analiza el uso de aplicaciones periodísticas para apoyar la materia impartida en las clases (Vázquez-Cano y Calvo-Gutiérrez, 2015).

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Durante la asignatura de Complementos para la Formación Disciplinar de Física y Química se realizó una práctica de laboratorio en la que se empleó el smartphone como instrumento de medida (Enríquez Palma, 2017).

Esta práctica consistió en hacer un espectrómetro con la cámara del móvil, un montaje de cartulina y una red de difracción. Con este dispositivo se midieron varias lámparas, pudiendo analizar el espectro a partir de las fotos tomadas y el software de ordenador "Tracker".

Asimismo, en esta asignatura se tuvieron que diseñar por grupos tres prácticas de laboratorio en las que se usara el smartphone. En nuestro caso, estas prácticas consistieron en el estudio del fenómeno pendular, un análisis colorimétrico y la observación del comportamiento de un batimiento acústico.

Durante la asignatura de Innovación docente e iniciación a la investigación educativa. también se realizó un trabajo relacionado con este tema, en este caso fue individual. El trabajo consistió en un Proyecto de Innovación Educativa en que se propusieron una serie de prácticas de Física para realizar durante el Bachillerato en las que el smartphone fuera el instrumento de medida.

El smartphone se puede emplear en el laboratorio porque tiene una serie de sensores incorporados (Fariñas, 2018) (InsiderPro, 2018), que usados de la forma correcta, se pueden aplicar en el laboratorio:

- **Acelerómetro:** gracias a este sensor se puede conocer la aceleración exacta del móvil en los tres ejes.
- **Giroscopio:** es un sensor que mide la velocidad angular en todos los ejes del teléfono. La combinación de este sensor con el acelerómetro permite conocer el movimiento del dispositivo en sus ejes.
- **Magnetómetro:** mide la fuerza y dirección de una señal magnética. Este sensor está integrado para ser usado como brújula.
- **Cámara digital:** permite la toma de imágenes, también tiene un sensor con el que diferenciar los colores.
- **Micrófono:** permite la medida de sonidos.

- Barómetro: algunos teléfonos cuentan con este sensor que puede dar información sobre la presión atmosférica y sobre la altitud.
- Otros sensores: GPS, sensor de intensidad lumínica, podómetro, lector de huellas, etc.

En la bibliografía hay numerosos trabajos en los que se ha empleado el smartphone para prácticas de laboratorio, principalmente para la realización de prácticas de Física:

- Estudio de la relación entre la velocidad angular y la aceleración centrípeta: empleando el acelerómetro y el giroscopio y colocando el smartphone en un dispositivo giratorio como puede ser un carrusel que se puede ver en algunos parques (Monteiro, Cabeza, Marti, Vogt, y Kuhn, 2014).
- Estudio del fenómeno pendular: gracias al sensor de aceleración de un smartphone se puede estudiar un péndulo. Se coloca el smartphone en una cuerda y se deja que oscile. También es interesante analizar la variación del periodo con la longitud del péndulo (Vogt y Kuhn, 2012).
- Análisis de campos magnéticos: con el sensor magnético del smartphone se pueden medir campos magnéticos. En esta práctica, se mide el campo magnético generado por distintos imanes y se observa la variación de éste con la distancia al sensor (Arribas, E., Escobar, I., Suárez, C. del. P, Nájera, A. y Beléndez, A, 2015).
- Análisis de la aceleración en un ascensor: consiste en analizar la aceleración en el eje vertical cuando un ascensor sube o baja (Marcos Parra, 2017).
- Análisis de la aceleración gravitatoria: es el más simple, consiste en dejar caer el smartphone sobre un cojín y estudiar la aceleración con que cae. También se pueden juntar dos smartphones para ver como la aceleración es la misma sin importar la masa del objeto (Kuhn y Vogt, 2013).
- Determinación de la frecuencia de resonancia de la combinación de un inductor, una resistencia y un condensador: para esta experiencia es necesario un conector especial que se enchufa a la entrada de los auriculares del smartphone. Este conector permite unir una placa con el

smartphone, haciendo que éste funcione como un osciloscopio (Forinash y Wisman, 2012).

- Estudio de un batimiento acústico: un batimiento acústico ocurre cuando se dan sonidos de una frecuencia muy parecida. En este trabajo se emplean dos smartphones para generar los dos sonidos y un tercero con el que se graba el batimiento (Kuhn, Vogt, y Hirth, 2014).

Los sensores del smartphone tienen mayor versatilidad para realizar prácticas de Física. Miden principalmente magnitudes físicas como aceleraciones, campos magnéticos o sonidos, sin embargo, la cámara digital se puede emplear para realizar prácticas de Química.

Se han registrado estudios en los que se emplea la cámara del smartphone en calidad de espectrofotómetro:

- Análisis de la concentración de bebidas energéticas en polvo: para la realización de esta práctica se toman fotos de disoluciones con diferentes concentraciones de la bebida energética en polvo. Se analiza la intensidad de color tratando las imágenes con un software de ordenador en que se analizan los colores por medio del sistema RGB. Se establece la relación entre la concentración de las disoluciones y la intensidad de color (Kehoe y Penn, 2013).
- Análisis de la concentración de sulfato de cobre: se analiza la concentración de una disolución empleando una aplicación de smartphone. Se emplea el sistema de colores HSV (que se explicará más adelante), cuyo valor de H aumenta al aumentar la concentración de sulfato de cobre. Este es el método que se empleó para desarrollar este trabajo (Bengtsson, Jónás, Montangero y Gajdosné, 2014).
- Preparación de un espectrómetro casero: se prepara un espectrómetro en el que la fase sensora es la cámara del teléfono. Es el experimento más sofisticado, ya que se simula un espectrómetro con material casero: se emplea como fuente una lámpara de LED, un fragmento de CD como red de difracción y el teléfono como detector, pegado a la cubeta en la que se colocan las disoluciones. Todo el montaje se coloca en una caja de

zapatos para que no actúe como interferencia la luz ambiente (Hosker, 2018).

En la figura 1 se presenta una imagen del montaje mencionado.

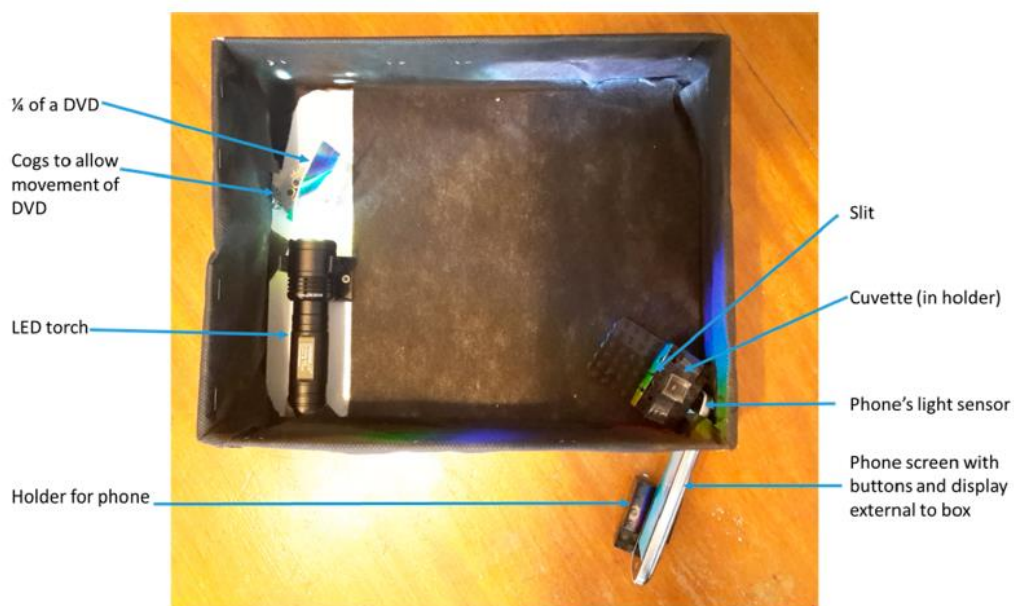


Figura 1. Esquema del espectrofotómetro casero (Hosker, 2018).

Se analizaron disoluciones de un colorante de la industria alimentaria (azul brillante FCF) y de p-nitroanilina, obteniendo rectas de calibrado con coeficientes de correlación de 0.998 y 0.98, valores que son aceptables (especialmente en el caso del colorante, para la p-nitroanilina es mejorable) teniendo en cuenta que se han hecho las medidas empleando la cámara de un teléfono.

5. OBJETIVOS.

1. Analizar si el uso del smartphone aumenta la motivación de los alumnos frente a las ciencias para conseguir un rendimiento académico mayor.
2. Estudiar la viabilidad de la realización de la práctica empleando como detector la cámara de un smartphone frente a un espectrofotómetro a la vista de los resultados obtenidos.
3. Cambiar la perspectiva del smartphone tanto por parte de los alumnos, que lo ven como algo lúdico, como por parte de los profesores que lo ven una distracción y algo perjudicial.
4. Analizar si los conceptos de espectroscopia (Ley de Lambert-Beer) explicados durante la práctica se pueden comprender realizando la práctica únicamente con el smartphone.

5. METODOLOGÍA.

El trabajo consistirá en realizar la determinación de la concentración de una disolución de sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) de dos formas. La primera de ellas empleando como instrumento de medida un espectrofotómetro mientras que la segunda de ellas se usará la cámara de un smartphone.

Para ello se prepararán cuatro disoluciones a partir de las cuales se obtendrán dos rectas de calibrado, una para las medidas con el espectrofotómetro y otra para las medidas con el smartphone. En estas rectas de calibrado se interpolará la medida de la disolución problema para obtener su concentración.

El objetivo inicial era conseguir que los alumnos de 1º de Bachillerato del instituto Hermanos D'Elhuyar realizarán esta práctica, puesto que en durante este curso se estudian algunos conceptos de Espectroscopia. Desgraciadamente, la fecha que se propuso para realizarla era posterior a la entrega de notas finales, por lo que se previó que los alumnos que acudirían no serían suficientes. Debido a ello, se solicitó a los alumnos de 2º de Bachillerato que participarán, pero como era una semana antes de la Evaluación del Bachillerato para el Acceso a la Universidad, hubo pocos voluntarios.

Finalmente, la práctica se realizó únicamente con 8 alumnos de 1º de Bachillerato y 5 alumnos de 2º de Bachillerato.

Para evaluar la práctica se empleó un cuestionario y una encuesta de satisfacción. Si se hubiera podido realizar durante el curso, hubiera sido interesante dividir a los alumnos en dos grupos y realizar la práctica con un grupo empleando los smartphones y con el otro usando el espectrofotómetro. De forma que además del cuestionario y la encuesta, se podrían haber comparado las calificaciones obtenidas en estos contenidos.

5.1. Fundamento teórico.

La ley de Lambert-Beer (ecuación 1) establece que la absorbancia (A) es directamente proporcional a la concentración de la especie absorbente (c), además del paso óptico (b) y el coeficiente de absortividad molar (ϵ).

$$A = \epsilon \cdot c \cdot b \quad (1)$$

En este caso, la especie absorbente es el sulfato de cobre, cuyo máximo de absorción se encuentra a 635 nm.

Para realizar las medidas con el smartphone el principio seguidos es otro. Por medio de la aplicación de Android “Color Grab” (Lootmatix, 2017), se pueden determinar los valores HSV de un color.

El método HSV es un método por el que se establecen los colores. El ejemplo más común es el modelo RGB (red, blue, green) que establece la cantidad de rojo, azul y verde que tiene un determinado color. En el caso del modelo HSV, las coordenadas corresponden a:

- H (hue): matiz; los valores oscilan entre 0 y 360°, asignando a cada color un ángulo. Por ejemplo, el rojo se encuentra entre 0 y 60° y el verde entre 120 y 180°.
- S (saturation): saturación; los valores varían entre 0 y 100, donde 0 es blanco y 100 es el color completamente saturado.
- V (value): valor; los valores se encuentran entre 0 y 100, donde 0 es negro y 100 es el color con mayor brillo.

Las tres coordenadas se pueden representar en un cono como se observa en la figura 2, donde la H (matiz) es el ángulo de la base, la S (saturación) es el eje horizontal y la V (valor) es el eje vertical.

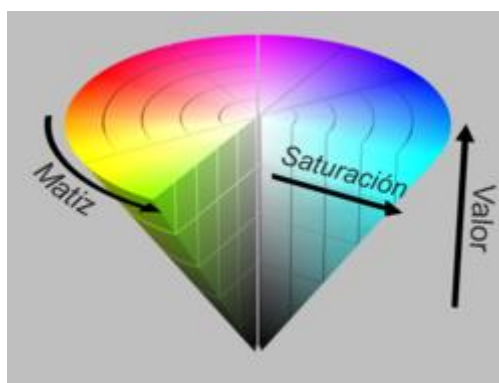


Figura 2. Cono representativo del modelo HSV (Wikipedia).

Para la realización de la práctica se emplea el parámetro H (matiz), puesto que, al aumentar la concentración de sulfato de cobre, aumenta.

5.2. Desarrollo de la práctica.

La sesión de laboratorio comenzará con una breve explicación en la que se expondrá en qué consistirá dicha sesión de laboratorio:

- Objetivo de la práctica.
- Metodología.
- Funcionamiento de la aplicación “Color Grab”
- Ley de Lambert-Beer.
- Modelo de color HSV.

Una vez los alumnos han comprendido lo que deben hacer en el laboratorio prepararán cuatro disoluciones de sulfato de cobre cuyas concentraciones se representan en la tabla 1.

Tabla 1. Disoluciones empleadas para el desarrollo de la práctica.

Disolución	Concentración (M)
1	$8 \cdot 10^{-3}$
2	$4 \cdot 10^{-2}$
3	$2 \cdot 10^{-2}$
4	$4 \cdot 10^{-1}$

Una vez se han preparado las disoluciones, los alumnos las medirán empleando el smartphone. Para ello, deberán colocar un papel blanco detrás de los matraces que actúe como fondo y sobre el que establecerán el blanco de las medidas. También, deberán colocar el smartphone siempre a la misma distancia del matraz.

En la figura 3 se muestra cómo se deben realizar las medidas.

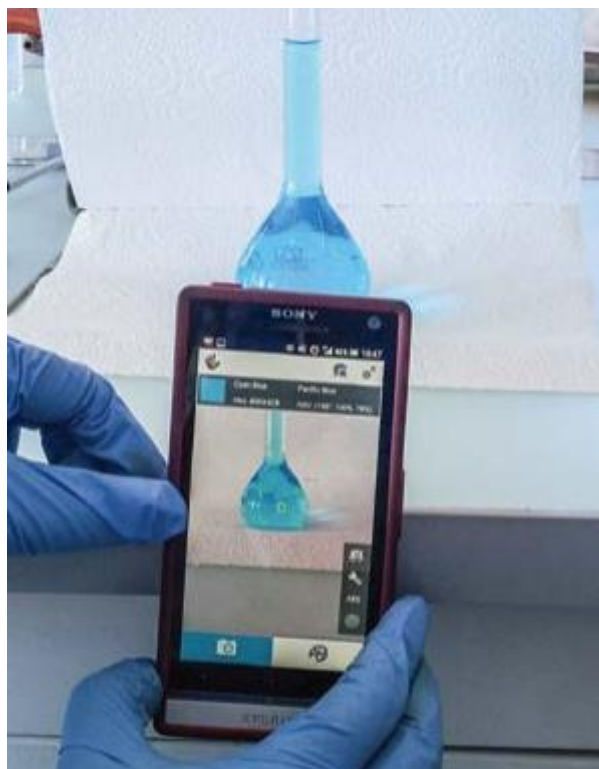


Figura 3. Modo en que se deben realizar las medidas con el smartphone (Bengtsson, Jónás, Montangero, & Gajdosné, 2014).

Tras medir las disoluciones con sus smartphones, se empleará el espectrofotómetro, usando como longitud de onda de excitación 635 nm.

Tras realizar la toma de datos, por medio de una hoja de cálculo de Excel preparada por el profesor, los alumnos introducirán los datos obtenidos tanto con el espectrofotómetro como con el smartphone, obteniendo una recta de calibrado para cada método. A partir de estas rectas y las medidas de absorbancia y matiz (H) de la disolución problema, podrán interpolar en la recta para obtener la concentración de dicha disolución.

5.3. Inclusión de la práctica en una Unidad Didáctica.

Como se trabajó durante la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de la Física y la Química, se ha intentado incluir esta práctica de laboratorio en una Unidad Didáctica.

La Unidad Didáctica que se va a desarrollar se enmarca en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), que ha modificado el artículo 6 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, que define el currículo como la regulación de los elementos que

determinan los procesos de enseñanza y aprendizaje para todas las enseñanzas.

Está encuadrada Decreto 21/2015, de 26 de junio (B.O.R 03/07/2015), por el que se establece el currículo de Bachillerato y se regulan determinados aspectos sobre su organización, evaluación, promoción y titulación del alumnado de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

La práctica de laboratorio se podría incluir como una actividad dentro de la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato, ya que durante la práctica se tratan conceptos de Espectroscopía, acerca de cálculos de concentración y preparación de disoluciones, contenidos que se tratan durante el Bloque II. Aspectos Cuantitativos de la Química.

Este bloque se podría tratar como una Unidad Didáctica única, Aspectos Cuantitativos de la Química.

En este apartado se analizará que competencias se trabajarían en caso de realizar la práctica, así como los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables correspondientes. Además, se mencionará el método de evaluar dicha práctica y la forma de atención a la diversidad.

5.3.1. Competencias.

Las competencias que se trabajarán durante la realización de esta práctica son las siguientes:

- Competencia en comunicación lingüística: se trabajará el lenguaje científico ya que se deberá nombrar correctamente el material de laboratorio empleado. También se deberá emplear el vocabulario relacionado con disoluciones
- Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología: se deberá desarrollar el conocimiento adquirido durante las clases teóricas para el cálculo de concentraciones y interpolar en las rectas de calibrado.
- Competencia digital: se trabajará con una aplicación de smartphone para realizar una parte de la práctica. Además, se empleará una hoja de cálculo de Excel para tratar los resultados.

- Aprender a aprender: puesto que en el laboratorio únicamente habrá un profesor, se deberá trabajar la mayor parte del tiempo de forma autónoma.

5.3.2. *Contenidos.*

Los contenidos de esta Unidad Didáctica que se trabajan durante el desarrollo de esta práctica de laboratorio son los siguientes:

- Disoluciones: formas de expresar la concentración, preparación y propiedades coligativas.
- Métodos actuales para el análisis de sustancias. Espectroscopía y Espectrometría.

5.3.3. *Criterios de evaluación.*

4. Realizar los cálculos necesarios para la preparación de disoluciones de una concentración y expresarla de cualquiera de las formas establecidas.

7. Reconocer la importancia de las técnicas espectroscópicas que permiten el análisis de sustancias y sus aplicaciones para la detección de las mismas en cantidades muy pequeñas en las muestras.

5.3.4. *Estándares de aprendizaje evaluables.*

4.1. Expresa la concentración de una disolución en g/l, mol/l, % en peso y % en volumen. Describe el procedimiento de preparación en el laboratorio, de disoluciones de una concentración determinada y realiza los cálculos necesarios, tanto para el caso de solutos en estado sólido como a partir de otra de concentración conocida.

7.1. Describe las aplicaciones de la espectroscopía en la identificación de elementos y compuestos.

5.3.5. *Evaluación de la actividad y atención a la diversidad.*

Para la evaluación de la práctica los alumnos deberían rellenar la hoja que se refleja en el Anexo I, donde se les facilitan los cálculos. Tendrán que rellenar todos los apartados y entregarla como

En cuanto a la atención a la diversidad, como los alumnos tendrán que colocarse por grupos, se intentará juntar a los alumnos aventajados con los alumnos con dificultades para favorecer el aprendizaje cooperativo.

5.4. Presupuesto.

En principio la práctica de laboratorio debería tener un coste relativamente bajo. En la tabla 2 se presenta el material que se necesitaría y su coste.

Tabla 2. Material necesario para realizar la práctica y coste.

Material necesario	Coste (€)
25 matraces aforados 100 mL ^{*1}	25 x 4.51
20 vasos de precipitados 250 mL ^{*1}	20 x 1.37
Sulfato de cobre 99% (1 Kg) ^{*2}	43.75
Agua destilada (5 L) ^{*3}	1.70 x 4
Balanza ^{*4}	274.9
Smartphones	0 (cada alumno emplea el suyo)
Total	465.6

^{*1} Labotienda

^{*2} Sigma Aldrich

^{*3} Bricodepot

^{*4} PCE Instruments

El material de vidrio se podrá reutilizar en sucesivas ocasiones, de forma que el coste se amortizará con el tiempo, ya que podrá ser usado en otras prácticas de laboratorio. Además, cualquier laboratorio de cualquier instituto cuenta con este material, por lo que probablemente no sería necesario comprarlo.

El sulfato de cobre se puede recuperar, colocando en cristalizadores las disoluciones empleadas, restableciendo prácticamente todo el sulfato de cobre. Por lo que se podrá reutilizar el sulfato de cobre en posteriores prácticas.

El mayor coste de la práctica es la balanza, que en este caso es una balanza con sensibilidad de 1 centigramo. El coste se vería reducido drásticamente si se adquiriera una balanza cuya sensibilidad fuera 1 decigramo, de todos modos al igual que el material de vidrio, la balanza podría emplearse en otras prácticas y se amortizará con el tiempo.

6. RESULTADOS.

El análisis de los resultados se ha dividido en tres apartados: una comparación entre los métodos de análisis empleados (espectrofotómetro y smartphone), una revisión del cuestionario realizado y un estudio de las encuestas de satisfacción que cumplieron los alumnos.

Desgraciadamente, solo se contó con trece alumnos para realizar la práctica de laboratorio, por lo que los resultados tanto del cuestionario como de la encuesta no serán muy representativos de la población adolescente. A pesar de todo, se analizarán puesto que son los únicos datos con los que se cuenta.

6.1. Comparación de los métodos

Para la realización de la práctica se prepararon cuatro disoluciones con las que se elaboró la recta de calibrado y una quinta que fue la disolución problema, cuya concentración era 0.159 M.

En este apartado se analizarán tanto la calidad de las rectas de calibrado como el error de la determinación por medio de ambos métodos en cada uno de los tres grupos que realizó la práctica.

6.1.1. Rectas de calibrado

En la tabla 3 se presentan las ecuaciones de las rectas obtenidas, también se pueden ver los coeficientes de determinación de cada una de ellas.

Tabla 3. Ecuaciones de la recta obtenidas y coeficientes de determinación para cada grupo.

Grupo	Método	Recta	R ²
Grupo 1	Espectrofotómetro	$A = 1.36 [\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}] + 0.174$	0.998
	Smartphone	$H = 82.0 [\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}] + 172$	0.96
Grupo 2	Espectrofotómetro	$A = 0.895 [\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}] + 0.201$	0.9995
	Smartphone	$H = 19.5 [\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}] + 188$	0.9991
Grupo 3	Espectrofotómetro	$A = 1.43 [\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}] + 0.179$	0.992
	Smartphone	$H = 43.5 [\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}] + 185$	0.994

En el primer grupo se obtuvo una recta de mejor calidad en el caso de espectrofotómetro ($R^2 = 0.998$) que en el caso del smartphone ($R^2 = 0.96$),

además, en el caso del espectrofotómetro se tuvo que descartar uno de los puntos.

En el segundo grupo de trabajo ambas rectas tuvieron un muy buen coeficiente de determinación (espectrofotómetro: $R^2 = 0.9995$; smartphone: $R^2 = 0.9991$), sin embargo, en el caso del smartphone se descartó un punto, por lo que la recta era de tres puntos.

En el último grupo, fue ligeramente mejor la recta obtenida por medio del smartphone (espectrofotómetro: $R^2 = 0.992$; smartphone: $R^2 = 0.994$). Como en los casos anteriores, hubo que descartar uno de los puntos medidos por medio del smartphone.

Las rectas obtenidas son relativamente aceptables, teniendo en cuenta que son alumnos que no están acostumbrados a trabajar en el laboratorio. Los resultados obtenidos son razonables, las regresiones conseguidas con los smartphones son de peor calidad que con el espectrofotómetro. Ya que es necesario eliminar en los tres casos de los smartphones uno de los puntos para conseguir una recta de una calidad aceptable, y es complicado que en una recta de tres puntos se obtenga un coeficiente de determinación malo.

6.1.2. Determinación de la concentración de sulfato de cobre

En la tabla 4 se puede observar las concentraciones calculadas por cada uno de los grupos, así como la incertidumbre de la determinación obtenida por medio del método Kragten. En la última columna se presenta el error relativo porcentual en valor absoluto.

Tabla 4. Resultados de la determinación de la disolución de sulfato de cobre de concentración desconocida

Grupo	Método	Concentración (M)	Error
Grupo 1	Espectrofotómetro	0.154 ± 0.022	4%
	Smartphone	0.18 ± 0.05	16%
Grupo 2	Espectrofotómetro	0.155 ± 0.019	3%
	Smartphone	0.11 ± 0.04	30%
Grupo 3	Espectrofotómetro	0.140 ± 0.023	12%
	Smartphone	0.13 ± 0.03	17%

Atendiendo a la tabla 4 se observa como en los tres casos, el valor obtenido por medio de la práctica con espectrofotómetro es en todos los casos más próximo al valor real que empleando los smartphones.

Aun así, exceptuando en el grupo 2, el error por medio de los smartphones no es excesivamente alto, teniendo en cuenta que se empleaba como detector algo tan ordinario como la cámara de un teléfono móvil.

Sin embargo, la incertidumbre asociada a los resultados obtenidos con los smartphones es mayor que empleando el espectrofotómetro. Esta incertidumbre podría reducirse si se hubieran medido por triplicado o quintuplicado las muestras, intentando corregir las desviaciones que puede producir el hecho de emplear el smartphone. Probablemente, con esta decisión no habría que haber descartado ningún punto al hacer las regresiones.

En resumen, los resultados obtenidos empleando el smartphone son de peor calidad, tanto por la linealidad como por la exactitud que los obtenidos empleando el espectrofotómetro. No obstante, los resultados obtenidos con los smartphones no son tan malos, teniendo en cuenta que la cámara de un teléfono móvil no está pensada para ser usada en un laboratorio de Química.

Además, no todos los centros cuentan con un espectrofotómetro, pudiéndose desarrollar la práctica empleando únicamente el smartphone, de forma que los alumnos pueden estudiar propiedades que aumentan con la concentración y realizar la determinación de una disolución de concentración desconocida empleando una recta de calibrado.

6.2. Revisión del cuestionario.

El cuestionario planteado se puede ver en el Anexo II, constaba de cuatro preguntas tipo test y dos problemas sencillos en los que tenían que calcular la concentración de una disolución e interpolar en una recta.

Todos los alumnos respondieron a las seis preguntas correctamente. En la pizarra quedó reflejada toda la información relevante para responder a las preguntas tipo test, mientras que en los problemas, los cálculos que tenían que realizar eran los mismos que habían realizado en el desarrollo de la práctica.

Puede ser que las cuestiones fueron muy sencillas o que los alumnos comprendieron la práctica.

6.3. Estudio de las encuestas de satisfacción.

En el Anexo III se presenta la tabla que tuvieron que rellenar los alumnos, constaba de ocho preguntas que tenían que valorar de 1 a 5 siendo 5 la puntuación máxima. También tenían la opción de realizar alguna observación que creyeran necesaria.

En la figura 4 se pueden observar los resultados de la encuesta, con la media de los trece alumnos y su desviación estándar, posteriormente se comentará cada pregunta y se sacarán conclusiones.

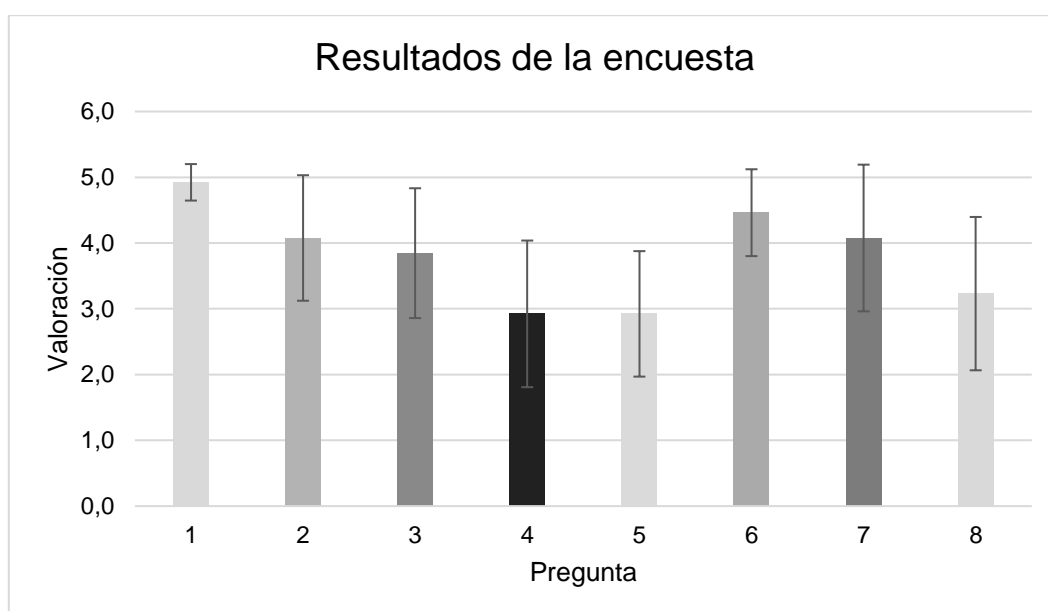


Figura 4. Resultados de la encuesta de satisfacción

Pregunta 1: Me hubiera gustado realizar prácticas similares durante el instituto.

Valoración: 4.9

Desviación estándar: 0.3

Es la pregunta en la que más de acuerdo estaban los alumnos, todos hubieran querido realizar prácticas similares durante su paso por el instituto. Probablemente, lo que los alumnos pensaron al responder esta pregunta es que les hubiera gustado ir más al laboratorio, que consideran insuficiente las

prácticas que han realizado durante su Educación Secundaria, sin importar que la práctica consistiera en una determinación de sulfato de cobre empleando smartphone o espectrofotómetro o una reacción de polimerización o cualquier otro tipo de práctica de laboratorio.

Pregunta 2: Me gustaría realizar prácticas empleando el smartphone en cursos futuros (2ºBach. / Universidad).

Valoración: 4.1

Desviación estándar: 1.0

En esta pregunta, los alumnos coinciden menos, pero la mayoría de las respuestas son positivas. Es posible que valoren el hecho de emplear una herramienta que para ellos es tan habitual como es el smartphone y ver que además de para entretenerse y comunicarse, puede servir para algo más como es realizar una práctica de laboratorio y quieran volver a emplearlo en el laboratorio.

Pregunta 3: El hecho de conseguir resultados de peor calidad se ve recompensado por el hecho de realizar las medidas por mi cuenta (rapidez, autonomía, iniciativa...).

Valoración: 3.8

Desviación estándar: 1.0

En este caso, los alumnos tampoco encuentran un consenso apreciable, muchos alumnos valoran el hecho de poder realizar las medidas por si mismos, ya que las medidas empleando el espectrofotómetro las realizó el profesor. Sin embargo, una parte de los alumnos considera que esto no compensa el hecho de conseguir resultados de peor calidad.

Pregunta 4: Realizar la práctica empleando el smartphone me ha parecido más entretenido que por el método clásico.

Valoración: 2.9

Desviación estándar: 1.1

En esta pregunta, la puntuación de los alumnos fue bastante baja. Durante la realización de la práctica, se les dijo a los alumnos que el espectrofotómetro es un instrumento que no suele verse en los institutos. Probablemente, eso hiciera que valoraran más el hecho de usar el espectrofotómetro que usar el smartphone.

Pregunta 5: El uso del smartphone en el laboratorio favorece mi aprendizaje

Valoración: 2.9

Desviación estándar: 1.0

Al igual que en la pregunta anterior, la valoración es bastante baja. Bajo mi punto de vista, a los alumnos se les ha inculcado que el uso del smartphone es perjudicial en clase, por ello es probable que tengan la idea preconcebida de que su uso no va a favorecer su aprendizaje.

Pregunta 6: Recomendaría realizar una práctica similar a alumnos de mi edad de otros centros.

Valoración: 4.5

Desviación estándar: 0.7

En esta pregunta los alumnos están bastante de acuerdo, al igual que en la primera pregunta, los alumnos recomendarían esta práctica a compañeros de otros centros porque los estudiantes disfrutan de la estancia en el laboratorio. Les gusta ver que el aprendizaje de las ciencias no es solamente teórico, si no que tiene una componente práctica muy importante.

Pregunta 7: ¿Cuál hubiera sido el grado de interés si no se hubiera utilizado el smartphone?

Valoración: 4.1

Desviación estándar: 1.1

Como ya se ha mencionado, probablemente lo que más valoren los alumnos tras haber realizado esta práctica es el hecho de haber trabajado en el laboratorio, más allá de haber empleado el smartphone, por ello, la práctica sin el smartphone, también les hubiera resultado muy interesante.

Como se ha mencionado en la pregunta 4, también valoran la posibilidad de usar el espectrofotómetro.

Pregunta 8: El principio físico en que se basa la práctica se entiende mejor con el smartphone que usando el espectrofotómetro

Valoración: 3.2

Desviación estándar: 1.2

Esta respuesta es bastante razonable, ya que el principio físico en que se basa la práctica (Ley de Lambert-Beer) no es el mismo principio que se sigue al emplear el smartphone.

Observaciones

Algunos alumnos plasmaron al final de la encuesta de satisfacción sus opiniones acerca de la práctica realizada. Hubo opiniones de todo tipo, algunos defendían que era mejor no emplear el smartphone ya que así aprendían a manejar el material de laboratorio como el espectrofotómetro. Otros destacaban el haber podido realizar la práctica por sí mismos empleando el smartphone, aunque se perdiera algo de rigor en las medidas.

También hubo alumnos a los que no les parecía relevante el hecho de usar el smartphone o usar el espectrofotómetro si no que valoraban el poder haber realizado la práctica de laboratorio.

Algunos alumnos consideraron que el empleo del smartphone no favorecía el aprendizaje, bajo mi punto de vista, se les ha repetido por activa y por pasiva que el smartphone es perjudicial para su aprendizaje. Por ello, creo que es necesario un cambio de perspectiva (tanto en los alumnos como en los profesores), ya que el smartphone si se emplea correctamente puede ser una herramienta versátil e interesante.

En definitiva, lo que más les interesa a los alumnos es hacer prácticas de laboratorio, sin importar si se hacen empleando el smartphone o no. Sin embargo, hay quienes valoran poder realizar la práctica por ellos mismos empleando el smartphone y hay quienes prefieren emplear la instrumentación

que se usa habitualmente, ya que piensan que les aporta más manejar los instrumentos que en un futuro manejarán.

7. CONCLUSIONES

A pesar de que la muestra no es suficientemente grande, y por ello, no es representativa, tras la realización de este trabajo, se han sacado las siguientes conclusiones.

1. Como era de esperar, los resultados empleando los smartphones son de peor calidad que empleando los smartphones. Sin embargo, estos resultados son aceptables teniendo en cuenta que se han conseguido empleando la cámara de un smartphone, un dispositivo que no está ideado para ser empleado en un laboratorio de Química.
2. A la vista de las encuestas de satisfacción, los estudiantes de Bachillerato quieren realizar más prácticas de laboratorio. Quieren aprender las Ciencias no solo por su vertiente teórica si no también por su vertiente práctica.
3. Hubo disparidad de opiniones en cuanto al uso del smartphone durante la práctica. Hubo alumnos que prefirieron emplear el espectrofotómetro porque es una herramienta que se usa habitualmente en los laboratorios y no es normal encontrarla en un instituto; mientras que hubo alumnos que prefirieron usar el smartphone por la inmediatez, facilidad y autonomía en las medidas, así como por poder emplear un dispositivo tan común en su vida.
4. Teniendo en cuenta algunas respuestas de las encuestas, los estudiantes consideran que el uso del smartphone no es compatible con su aprendizaje, tienen interiorizado que es perjudicial porque es lo que han oído siempre. Es necesario un cambio de perspectiva, tanto por parte de los profesores como de los alumnos, para poder introducir el smartphone en las aulas de una forma responsable, asumiendo su versatilidad y utilidad para facilitar el aprendizaje en algunos ámbitos.
5. Los conceptos de Espectroscopía (Ley de Lambert-Beer) no se comprenden bien con la práctica empleando los smartphones, ya que el principio por el que se realiza no es la ley de Lambert-Beer. Sin embargo, puede servir para explicar a los alumnos propiedades que dependen de la concentración, en este caso el valor de H aumenta al aumentar la concentración, al igual que ocurre con la absorbancia.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arribas, E., Escobar, I., Suárez, C. del. P, Nájera, A. y Beléndez, A. (2015). Medida del campo magnético de imanes pequeños con un smartphone: una práctica de laboratorio muy económica. *Experiencias de innovación docente en la enseñanza de la Física Universitaria*. Capítulo 12.
- Del Barrio Fernández, A. y Ruiz Fernández, I. (2017). Hábitos del uso del Whatsapp por parte de los adolescentes. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* ,pp 23-30.
- Bengtsson, D., Jónás, L., Montangero, M., & Gajdosné, M. (2014). How Deep Is Your Blue?— Coloured Chemistry with Smartphones. *Science on Stage Deutschland*, 4(5), 20-24.
- Campos, A. (2010). Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La educ@ción*, 143, 1-14. <https://doi.org/0210-0010>
- Campos Martínez, J. A. . (2015). *El uso de las TIC, dispositivos móviles y redes sociales en un aula de la educación secundaria obligatoria*. Universidad de Granada.
- Carrion, C., Arroyo, L., Castell, C., Puigdemènech, E., Gomes, S., Domingo, L., & Espallargues, M. (2016). Utilización del teléfono móvil para el fomento de hábitos saludables en adolescentes. Estudio con grupos focales. *Revista Española de Salud Pública*, 90(3), e1-e11. <https://doi.org/10.1590/S1135-57272007000300009>
- Lootmatix. (2017). Color Grab (3.6.1) [Aplicación de Móvil] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.loomatix.colorgrab&hl=es>
- COSCE. (2011). Informe Enciende. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España, 1-118.
- Cuesta Cambra, U., & Gaspar Herrero, S. (2013). Analisis motivacional del uso del smartphone entre jovenes: Una investigacion cualitativa. *Historia y Comunicacion Social*, 18(SPEC. ISSUE NOV), 435-447.

https://doi.org/10.5209/rev_HICS.2013.v18.44252

Decreto 21/2015, de 26 de junio, por el que se establece el currículo de Bachillerato y se regulan determinados aspectos sobre su organización, así como evaluación, promoción y titulación del alumnado de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Boletín Oficial de La Rioja (BOR), 85, de 3 de julio de 2015.

Enríquez Palma, P.A. (2017), *Building a DIY diffraction spectrometer*. Complementos para la Formación Disciplinar en Física y Química, Universidad de La Rioja.

Esteve, A. R., & Solbes, J. (2017). Por las ciencias y la tecnología, *X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, 573-578.

Fariñas, A. (2018). Los 10 sensores más importantes que hay en tu Android. Andro4all. <https://andro4all.com/2015/03/10-sensores-mas-importantes-android-video>.

Fernández, B. (2014). Móviles. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 3, 563-570.

Fernández Cruz, F.-J., & Fernández Díaz, M. (2016). Los docentes de la Generación Z y sus competencias digitales. *Comunicar*, 24(46), 97-105. <https://doi.org/10.3916/C46-2016-10>.

Fonseca Pedrero, E., *Apuntes Aprendizaje y Desarrollo de la Personalidad*, Universidad de La Rioja.

Forinash, K., & Wisman, R. F. (2012). Smartphones as portable oscilloscopes for physics labs. *The Physics Teacher*, 50(4), 242-243. <https://doi.org/10.1119/1.3694081>

Gairín, J., & Mecader, C. (2018). Usos y abusos de las TIC en adolescentes. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 125-140. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6018/rie.36.1.284001>

Gaspar Herrero, S., Cuesta Díaz, Victoria (2015). Adicción al smartphone. Análisis motivacional de uso entre nativos digitales. *Opción*, vol. 31, núm 4, 2015, 517-531.

- Hosker, B. S. (2018). Demonstrating Principles of Spectrophotometry by Constructing a Simple, Low-Cost, Functional Spectrophotometer Utilizing the Light Sensor on a Smartphone. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 178-181. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00548>
- Insider.Pro (2018). ¿Qué sensores tiene tu smartphone y para qué sirven?. <https://es.insider.pro/technologies/2017-08-13/que-sensores-tiene-tu-smartphone-y-para-que-sirven/>
- Kehoe, E., & Penn, R. L. (2013). Introducing colorimetric analysis with camera phones and digital cameras: An activity for high school or general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 90(9), 1191-1195. <https://doi.org/10.1021/ed300567p>
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Applications and Examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphones in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors*, 1(4). Recuperado a partir de www.seipub.org/fs
- Kuhn, J., Vogt, P., & Hirth, M. (2014). Analyzing the acoustic beat with mobile devices. *The Physics Teacher*, 52(4), 248-249. <https://doi.org/10.1119/1.4868948>
- Marcos Parra, P. (2017). Marcos Parra, P. (2017). Uso de los smartphones en los laboratorios de prácticas de Física. Universidad de Valladolid.
- Mohamed, H., & Lamia, M. (2018). Implementing flipped classroom that used an intelligent tutoring system into learning process. *Computers and Education*, 124(May), 62-76. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.011>
- Monteiro, M., Cabeza, C., Marti, A. C., Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Angular velocity and centripetal acceleration relationship. *The Physics Teacher*, 52(5), 312-313. <https://doi.org/10.1119/1.4872422>
- Mora, F. (2017). Neuroeducación. Madrid: Alianza Editorial.
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Boletín Oficial del Estado (BOE), 25, de 29 de enero de 2015.

- Peña, M.C., Moral. A. (2017). Nerudoeducación: Ser feliz para aprender
<https://cuentadenetflix101.wixsite.com/neuroeducacionur>
- Randler, C., Wolfgang, L., Matt, K., Demirhan, E., Horzum, M. B. y Besoluk, S. (2016). Smartphone addiction proneness in relation to sleep and morningness-eveningness in German adolescents. *Journal of Behavioral Addiction, 5* (3), 465 - 47.
- Solbes, J. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, 117*(21), 91-117. <https://doi.org/10.7203/dces..2428>
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, 67*, 53-67.
- Torres, Á. L., Bañon, D., & López, V. (2017). Empleo de Smartphones y Apps en la enseñanza de la Física y la Química. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 671-678*.
- Vázquez-Cano, E., & Calvo-Gutiérrez, E. (2015). Adolescentes y cibermedios: Una didáctica basada en aplicaciones periodísticas para smartphones. *Estudios pedagógicos (Valdivia), 41*(2), 255-270. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052015000200015>
- Vogt, P. y Kuhn, J. (2012). Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher, 50*(7), pp.439-440.
- Williams, A. J., & Pence, H. E. (2011). Smart phones, a powerful tool in the chemistry classroom. *Journal of Chemical Education, 88*(6), 683-686. <https://doi.org/10.1021/ed200029p>