



Universitat
de les Illes Balears

Propuesta didáctica: Teléfonos inteligentes y prácticas de laboratorio en la asignatura de física y química.

Alex Liesegang Escamilla

Memoria del Trabajo de Fin de Máster

Máster Universitario en Formación del Profesorado
(Especialidad/Itinerario de Física y Química)

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Curso Académico 2018/19

Fecha: Julio 2019

Nombre Tutor del Trabajo: Jerónimo Massanet Amer

Resumen

Este trabajo presenta un análisis de las prácticas de laboratorio y los teléfonos inteligentes como dos herramientas clave para la didáctica de las ciencias. Inicialmente, se analiza el estado de la cuestión y se presenta una justificación teórica de por qué estos dos elementos funcionan bien como conjunto. A continuación, se lleva a cabo una propuesta didáctica que consiste en: prácticas de laboratorio cada vez más abiertas utilizando el *smartphone*, todo ello en el marco del primer ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria.

Palabras clave

TIC, smartphone, laboratorio, didáctica, ciencias.

Abstract

This work presents an analysis of laboratory practices and smartphones as two key tools for science lessons. Initially, the state of the matter is analysed and proved why these two elements work perfectly as a set. Then, a didactic proposal is carried out that consists of: laboratory practices increasingly open using smartphones. All within the framework of the first stage of Secondary Education.

Key words

ICT, smartphone, laboratory, didactics, science.

ÍNDICE

Resumen	3
Objetivos del trabajo	6
Estado de la cuestión	6
1. El papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) de las ciencias	6
1.1. El <i>smartphone</i> en el aula de ciencias.	10
1.1.1. Beneficios del <i>smartphone</i> en el aula.....	11
1.1.2. Inconvenientes del <i>smartphone</i> en el aula.	11
2. Las prácticas de laboratorio en las ciencias de secundaria.	13
3. <i>Smartphone</i> como instrumento en el laboratorio.	17
A modo de cierre	20
Desarrollo de la propuesta	21
4. Propuesta didáctica: prácticas de laboratorio y teléfonos inteligentes. 21	
4.1. Competencias clave.....	21
4.2. Objetivos.....	22
4.3. Contenidos.	23
4.4. Prácticas	24
4.4.1. Práctica 1: ¿Construir un átomo?.....	24
4.4.2. Práctica 2: ¿Cómo calcular la densidad de un objeto?	25
4.4.3. Práctica 3: ¿Cuál es la velocidad media a la que camináis hacia el instituto?	26
4.4.4. Práctica 4: ¿Fuerzas sobre el teléfono móvil?	28
4.4.5. Práctica 5: ¿Cómo verificar el principio de conservación de la masa con un huevo?	30
4.5. Evaluación.....	32
4.6. Atención a la diversidad.	33

Conclusiones	34
Referencias bibliográficas	36
Anexos	38
Anexo 1	38
Anexo 2	39
Anexo 3	41
Anexo 4	43
Anexo 5	45
Anexo 6	46
Anexo 7	47
Anexo 8	47
Anexo 9	48

Objetivos del trabajo

Justificar por qué las prácticas de laboratorio y los teléfonos inteligentes son dos elementos que funcionan muy bien desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias.

Proponer una secuencia didáctica que traslade al terreno práctico los aspectos teóricos arriba mencionados. Acercar a los alumnos a la ciencia mediante prácticas de laboratorio cada vez más abiertas y que den respuesta a preguntas más complejas; todo ello usando el *smartphone* para trabajar la competencia digital, fomentar el protagonismo de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y acercar el aula a la realidad social del presente.

Estado de la cuestión

1. El papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) de las ciencias.

El uso de las TIC en el aula no implica *per se* una mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje (Jimoyiannis, 2010; Valiente, 2010). Incluso, un mal uso de estas puede entorpecer dicho proceso. Resulta evidente que, proporcionar al estudiante TIC como ordenadores o teléfonos inteligentes para la realización de un trabajo, sin la supervisión por parte del docente ni unas pautas claras de cómo realizarlo, convierten dichas tecnologías en una fuente clara de desorden. Así pues, se considera esencial saber cuál es su función y cuándo utilizarlas para que las TIC tengan un impacto positivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A continuación, se analizará la función de las TIC desde la perspectiva de la práctica científica (López, y otros, 2017).

La práctica científica equivale a un marco didáctico en el cual intervienen todos aquellos procesos de la ciencia, es decir, todos aquellos aspectos que pueden utilizar los científicos en un ámbito profesional para “hacer ciencia”.

López señala los procesos siguientes: indagación, modelización y argumentación (ver **figura 1**).

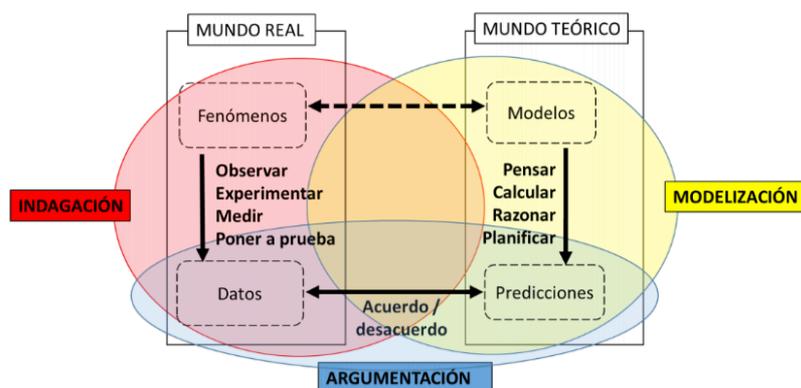


Figura 1: Esquema de la actividad científica en el que se diferencian las tres dimensiones fundamentales de la práctica científica: la indagación, la modelización y la argumentación; así como como actividades y conceptos ligados a dichas dimensiones (observar fenómenos, pensar modelos, etc.). Extraído de López y otros (2017).

En dicho esquema se representan las diferentes dimensiones de la actividad científica: la indagación, la modelización y la argumentación.

Por lo que respecta a la Indagación, se llevan a cabo actividades como observar, experimentar, medir y poner a prueba determinados procesos experimentales; todo ello en el mundo real (físico) que nos rodea. De ello se extraen fenómenos (leyes de conservación, relaciones causales, ...) y datos que los sustentan.

En cuanto a la modelización se refiere, se practican actividades como pensar, calcular, razonar y planificar; todo ello en el marco de la teoría para tratar de construir modelos que permitan llevar a cabo predicciones, y que puedan estar de acuerdo (o no) con el mundo real.

Finalmente, y como tercera dimensión de la práctica científica, se considera la argumentación. Dimensión en la que se contrasta el modelo teórico con los datos obtenidos. Valorando así la exactitud y la precisión del modelo.

Estos son, según López, los principales elementos de la práctica científica. A continuación, se mostrará la relevancia que toman dichas dimensiones cuando se introducen TIC en el aula de ciencias.

1. La indagación es una actividad que se presta claramente al uso de TIC, como por ejemplo los sensores digitales. Pero su verdadero potencial con respecto a las TIC reside en lo que López denomina la indagación virtual. Dicha dimensión de la práctica científica está estrechamente vinculada al mundo físico, pero debido a las limitaciones espacio-temporales del aula, es posible llevar a cabo una indagación en el mundo virtual mediante el uso de simuladores. De este modo los alumnos pueden indagar en las leyes de Newton, por ejemplo, mediante softwares que permitan visualizar cómo es la aceleración que experimenta un cuerpo en relación a su masa.

Existen números laboratorios virtuales en línea a través de los cuales los alumnos pueden observar, experimentar, medir y poner a prueba determinados fenómenos, como por ejemplo PHET *interactive simulations* de la Universidad de Colorado¹.

Como expone López, dicha indagación en el mundo virtual tiene un peligro. En los simuladores todo funciona según “las normas del juego”. Es decir, los laboratorios virtuales son softwares programados según las leyes de la física, o del modelo que se quiera estudiar. Por ello, los experimentos que se realizan siempre son exactos. Así se dejan de lado aspectos de la práctica científica tan fundamentales como el error experimental.

Aun así, dicha indagación en el mundo virtual en contraposición con la indagación real del mundo físico, abre un espacio de reflexión sobre las diferencias fundamentales entre estos (mundo real y virtual). Siendo esta una fuente importante de conocimiento epistémico².

2. Expresar modelos de forma digital con lenguaje computacional es otra actividad en la que las TIC tienen un papel protagonista. Existen

¹ (PHET, 2019)

² Según la RAE: teoría de los fundamentos y métodos del conocimiento científico.

numerosos softwares que permiten que los alumnos programen modelos simples que les permitan llevar a cabo predicciones numéricas. Este es el caso de herramientas ofimáticas como por ejemplo *Microsoft Excel, Numbers, etc.*

- Finalmente colaborar y argumentar es otra actividad de la práctica científica en la que las TIC tienen un papel fundamental. Herramientas como chats, foros, pizarras digitales, *tablets* o *smartphones*, permiten compartir puntos de vista de una forma extremadamente ágil y que posibilitan, como expone López “un espacio común de representación y construcción del conocimiento científico” (López y otros 2017, p.694).

A continuación, se expone un listado de herramientas TIC según la dimensión de la práctica científica (ver **Tabla 1**).

DIMENSIÓN PRÁCTICA CIENTÍFICA	TIPO DE TIC	HERRAMIENTAS CONCRETAS
Indagación (mundo real)	Las TIC para la recogida de datos y el análisis experimental de fenómenos reales	Cámaras digitales, Lupas y microscopios digitales, Sensores periféricos, sensores internos del móvil, laboratorios remotos, programas de análisis de video (tipo Tracker), programas de análisis de sonido (tipo Audacity), cámaras remotas en streaming, etc.
“Indagación” (mundo virtual)	Las TIC para la visualización y el análisis experimental de fenómenos virtuales	Animaciones Java, Simulaciones y physlets, visores moleculares, laboratorios virtuales, videojuegos científicos, micro-mundos virtuales de física (tipo Interactive Physics, Physion o Algodoos), de química (ChemLab), entornos virtuales tipo Virtual GreenHouse, QuestAtlantis, WISE, GasLab o ElectroCity, etc.
Modelización	Las TIC para la expresión de modelos con soporte digital	Dispositivos táctiles para la expresión gráfica de modelos (tablet, PDI, etc), editores de mapas conceptuales, Programas diseñados para la modelización computacional (Modellus, VnR, Stella, NetLogo, etc.), lenguajes de programación (tipo Scratch o Alice).
Argumentación	Las TIC para la argumentación y la comunicación en el aula de ciencias	Herramientas para trabajo colaborativo (tipo Drive, Wikis, Patlet etc), redes sociales, Pizarra Digital conectada a dispositivos personales, apps específicas para la interacción, sistemas de votación online, etc.

Tabla 1: Clasificación de las TIC según la dimensión de la práctica científica y listado de herramientas concretas para cada una de ellas. Extraído de López y otros (2017).

Se observan en dicho listado distintos tipos de TIC: para la recogida de datos reales, para la visualización de fenómenos virtuales, para la expresión de modelos y, finalmente, para la argumentación y la comunicación extraída de la práctica científica.

Así pues, se considera que las TIC en el aula de ciencias deben ser utilizadas para trabajar aquellas dimensiones de la práctica científica representadas en la **Figura 1**: indagar, modelar y argumentar. De esta forma, según López, las TIC ayudan significativamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la ESO.

1.1. El *smartphone* en el aula de ciencias.

Como se ha expuesto en el Apartado 1, sobre el papel de las TIC en el aula de ciencias, las tecnologías de la comunicación y la información están a merced de las dimensiones de la práctica científica. Dicha distinción ha permitido clasificar las TIC según la finalidad que puedan tener en cada momento; ya sea indagar, modelar o argumentar. En consecuencia, se ha expuesto también en el apartado anterior, un listado de distintas TIC: cámaras digitales, animación java, herramientas ofimáticas, herramientas google, etc.

Hoy en día, la mayoría de estas herramientas están presentes en los teléfonos inteligentes que más del 94% de los alumnos³ de secundaria tiene y (normalmente) lleva día a día en el aula. Por ello, aquí se considera que el *smartphone* pueda ser una tecnología de la información y la comunicación fundamental para impulsar aquellas dimensiones de la práctica científica de los que habla López.

El uso del teléfono móvil inteligente como recurso psicopedagógico tiene muchas ventajas, pero también algunos inconvenientes que cabe mencionar para hacer un buen uso de dicha tecnología (Gómez & Monge, 2013).

³ Resultados extraídos de *l'Enquesta sobre equipament i ús de tecnologies d'informació i comunicació a les Ilars, TICL 2007-2018*, del Instituto Nacional de Estadística (INE) en colaboración con el Instituto de Estadística de Catalunya (IDESCAT)

1.1.1. Beneficios del *smartphone* en el aula.

Algunos de las ventajas de los teléfonos inteligentes según Gómez son las siguientes:

- Se trata de una herramienta muy accesible para los estudiantes y con un enorme potencial de interactividad; y que fomenta así el trabajo cooperativo.
- Es de fácil empleo, familiar para los alumnos y su coste es relativamente bajo.
- Facilita el acceso del alumno a internet (y un volumen enorme de información).
- Proporciona una cierta autonomía y protagonismo al estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Facilita el intercambio de información entre alumnos.
- Permite un control de la actividad realizada por los alumnos.
- Ahorra costes y desplazamientos.

Así pues, en general el *smartphone* es una herramienta muy accesible y familiar para los alumnos, que permite un fácil acceso a la información y una enorme interactividad.

1.1.2. Inconvenientes del *smartphone* en el aula.

Aunque son numerosas las ventajas arriba mencionadas, el uso del teléfono móvil en el aula también conlleva toda una serie de inconvenientes. Según Gómez:

- Permitir el uso del teléfono móvil en el aula implica que el docente tenga que invertir más tiempo, ya sea para explicar un procedimiento, o para controlar a los alumnos.

- Requiere por parte de los estudiantes la capacidad de trabajar de forma autónoma.
- Aunque facilita el acceso a la información, también lo hace la de la información de mala calidad. De modo que, si la supervisión no es suficiente, con un buen ratio profesor-alumno, la calidad de la enseñanza puede verse mermada.
- Los dispositivos móviles están en constante, rápida y acelerada evolución; de modo que esto implica una formación y también actualización constante por parte del profesorado.
- El uso del dispositivo móvil puede suponer una fuente de descontrol en el aula.
- El teléfono móvil facilita el *cyberbullying*.

Así pues, existen toda una serie de inconvenientes asociados al uso de dispositivos móviles en el aula, siendo estos los motivos por los que muchos centros escolares han decidido por prohibir su uso.

Aun así, se considera que la mayoría de los inconvenientes arriba mencionados son fruto del enorme potencial de esta herramienta. De este modo, el control y el seguimiento por parte del docente resulta fundamental para así prevenir un mal uso del teléfono móvil.

Para concluir, como señala Gómez, se considera que permitir utilizar el móvil a los alumnos en el aula para fines concretos es acercar la escuela a la realidad social del presente.

2. Las prácticas de laboratorio en las ciencias de secundaria.

El trabajo experimental es un elemento clave de actividad científica, de modo que resulta fundamental que los alumnos desarrollen competencias asociadas a la práctica científica en el aula (Tomás & García, 2015).

A continuación, se señalarán algunos aspectos positivos de las prácticas de laboratorio desde el punto de vista de la mejora educativa (Fernandez Marchesi, 2018).

- Suponen una fuente de motivación para los alumnos.
- Representan un aspecto didáctico clave para entender determinados planteamientos teóricos de la ciencia.
- Muestran de primera mano “cómo se hace ciencia”⁴.
- El alumno es protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Facilita el trabajo cooperativo.
- Impulsa actitudes positivas hacia la ciencia.

A pesar de la importancia de las prácticas de laboratorio en la didáctica de las ciencias, Marchesi señala que el tiempo dedicado dichas actividades suele ser reducido. Según el mismo, esto puede explicarse por distintos motivos:

- Malas instalaciones y falta de instrumentación (laboratorios reducidos, material obsoleto, etc.).
- Elevado ratio profesor-alumno.
- Escasa formación docente.
- Poco valor por parte del docente a las prácticas de laboratorio (puesto que conlleva más trabajo y tiempo).

⁴ El método científico es ante todo difuso. Observar, plantear hipótesis y experimentar para aceptar o refutar dichas hipótesis es una clara simplificación. Aun así, las prácticas de laboratorio permiten acercar al estudiante a algunos aspectos de cómo funciona la ciencia.

Además, según Marchesi existen en la literatura argumentos en contra de las prácticas de laboratorio. Algunos de ellos son los siguientes:

- “Los estudiantes muchas veces son meros consumidores de planificaciones realizadas por el profesor”.
- Los alumnos se limitan a entretenerse sin conectar los procedimientos experimentales con la teoría.

Así pues, la mayoría de aspectos en contra de las prácticas de laboratorio pasan, por una parte, por problemas relacionados con el centro o el profesorado y, por otra parte, con la falta de protagonismo del estudiante en el proceso práctico de enseñanza-aprendizaje.

A la luz de lo expuesto anteriormente, ¿cómo deberían ser las prácticas de laboratorio para resultar útiles desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias?

Sanmartí Puig (2002) propone toda una serie de objetivos, que van en función del tipo de pregunta o problema planteado y del grado de apertura⁵ de la práctica (ver **Tabla 2**).

⁵ Con ello Sanmartí se refiere al nivel al que está pautada la práctica para los alumnos. Una práctica muy pautada se considera una práctica “cerrada”, mientras que poco pautada se considera “abierta”.

Tipo de pregunta planteada	Grado de apertura
<i>Orientados a aprender procedimientos o técnicas</i>	<i>Nivel cero: Se proporciona la pregunta, el método y los resultados.</i>
<i>Orientadas a la observación sistémica de objetivos, organismos o fenómenos.</i>	<i>Nivel uno: Se proporcionan todos los apartados anteriores menos los resultados.</i>
<i>De tipo inductivo; los alumnos deben detectar regularidades o relaciones entre variables.</i>	<i>Nivel dos: se proporciona solo la pregunta.</i>
<i>De tipo deductivo; los alumnos deben razonar para relacionar ideas generales con un fenómeno particular.</i>	<i>Nivel tres: se indica un fenómeno o una situación como punto de partida. El alumno deberá proponer el método, llevarlo a cabo para obtener resultados y deducir conclusiones.</i>
<i>Hipotético - deductivo; los alumnos deben identificar variables para comprobar una hipótesis.</i>	

Tabla 2: Clasificación del tipo de pregunta y el grado de apertura según Sanmartí (2002). Parte del texto extraído de Marchesi (2018).

Por una parte, se observa en la **Tabla 2** como pueden plantearse en las prácticas de laboratorio preguntas de distinta naturaleza (columna de la izquierda). Estas preguntas pueden ir orientadas a simplemente aprender procedimientos y/o técnicas de forma sistemática, a la observación de

fenómenos; o pueden ser preguntas más complejas de tipo inductivo, deductivo, y/o hipotético-deductivo. Así pues, el nivel de profundidad de las preguntas aumenta en las posiciones inferiores de la **Tabla 2**-izquierda.

Por otra parte, se observa en la **Tabla 2**-derecha como existen, según Sanmartí, distintos niveles de apertura en las prácticas de laboratorio.

Se considera un nivel cero, correspondiente a una práctica en la que se proporciona al alumno a priori todo aquello que necesita para llevarla a cabo (la pregunta, el método y los resultados); tratándose de este modo de una práctica cerrada en la que el alumno es poco protagonista.

Un nivel uno, corresponde a una práctica en la que se le proporciona al alumno todos los apartados mencionados en el nivel cero, menos los resultados, que deberán deducirse mediante la realización de la práctica.

En un nivel dos, se proporciona a los alumnos solo la pregunta, y deberán ser ellos los que propongan un método para llegar a los resultados. Así, se trata de una práctica de laboratorio abierta, en la que los alumnos son protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Finalmente, en un nivel tres -que corresponde al nivel más alto en la clasificación de Sanmartí- se proporciona a los alumnos una situación o fenómeno como punto de partida. De modo que serán ellos los que deberán plantearse una pregunta adecuada y diseñar un método para obtener unos resultados que den respuesta a dicha pregunta. Esta es la práctica de laboratorio más abierta posible.

En este trabajo se ha considerado oportuno representar de forma conjunta la clasificación planteada por Sanmartí, según la pregunta planteada y en nivel de apertura, como una matriz⁶ (**Tabla 2**), para así mostrar como el nivel de

⁶ Conjunto de caracteres ordenado de forma bidimensional en la que cada posición tiene un significado preciso. En la Tabla 1, las filas van asociadas al nivel de dificultad de la práctica de laboratorio.

dificultad de la práctica de laboratorio va ligado a las filas de la tabla. De este modo, la fila uno de la tabla -prácticas orientadas a aprender procedimientos en un nivel cero de apertura- corresponde al nivel más bajo de complejidad. Mientras que la fila 4 y 5 -preguntas de tipo hipotético-deductivo con un nivel cuatro de apertura- corresponde al nivel de mayor complejidad.

3. *Smartphone* como instrumento en el laboratorio.

En el Apartado 1 se ha expuesto el papel de las TIC desde el marco de la práctica científica (López, y otros, 2017). A continuación, en el Apartado 1.1 se ha analizado la importancia del *smartphone* como una TIC con numerosas ventajas (Gómez y Monge, 2013). Seguidamente, en el Apartado 2, se ha descrito la importancia del papel de las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias en secundaria. Finalmente, este apartado tiene por objetivo unir el *smartphone* y las prácticas de laboratorio como una propuesta didáctica de mejora educativa.

Por una parte, las TIC suponen una mejora educativa significativa en el aula de ciencias cuando están ligadas a aquellas dimensiones de la práctica científica de las que habla López (indagación, modelización y argumentación). Dentro de las TIC, el *smartphone* representa un elemento clave por todas aquellas ventajas expuestas en el Apartado 1.1 (accesibilidad, conectividad, etc.).

Por otra parte, las prácticas de laboratorio en la asignatura de física y química juegan un papel fundamental. Es el escenario donde se desarrolla en mayor grado la competencia científica. Además, las prácticas de laboratorio motivan a los alumnos, fomentan el trabajo cooperativo, permiten la observación de aspectos teóricos y despiertan actitudes positivas hacia la ciencia.

De este modo, se considera que el móvil es una herramienta para la mejora educativa en el contexto de las prácticas de laboratorio (Ver **Figura 2**).

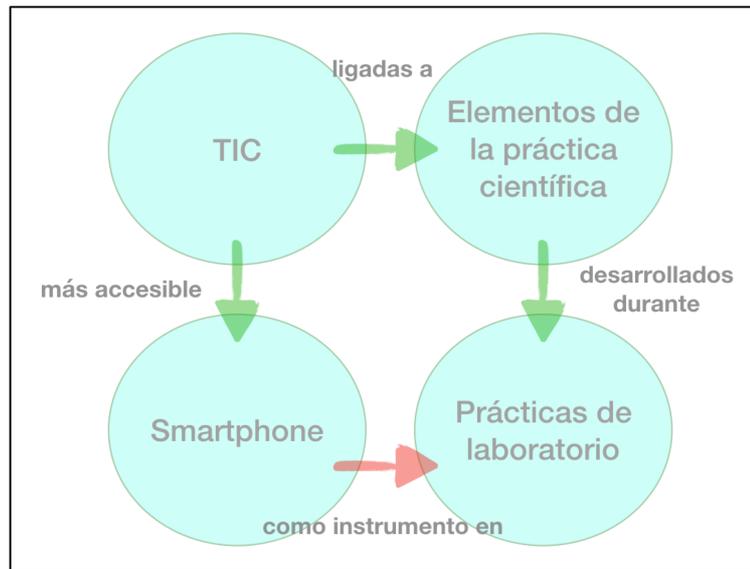


Figura 2: Esquema en el que se representan las relaciones entre las TIC, los elementos de la práctica científica, las prácticas de laboratorio y el uso del *smartphone*. Fuente: elaboración propia.

Se observa en la **Figura 2** cómo las TIC están ligadas a aquellos elementos de la práctica científica. Así, dichos elementos se desarrollan en mayor medida durante las prácticas de laboratorio. El *smartphone* representa una TIC clave por su accesibilidad, ya que como se ha expuesto en apartados anteriores, la mayoría de adolescentes disponen de un teléfono inteligente. Por ello se propone el uso del *smartphone* durante las prácticas de laboratorio.

A continuación, se mostrarán posibles relaciones del *smartphone* con aquellas dimensiones de la práctica científica de las que hablan López y otros (2017) en el Apartado 1.

Dimensión de la práctica científica	Herramientas del <i>smartphone</i>
Indagación Real	Cámara integrada, GPS, luz LED, micrófono, altavoz, acelerómetro, magnetómetro, sensor de proximidad, sensor de luz, etc.
Indagación Virtual	Simuladores online (<i>Phet simulations</i> , <i>edumedia</i> , etc.).
Modelización	Aplicaciones para la modelización (Excel, Hojas de cálculo de Google, etc.).
Argumentación	Aplicaciones para la argumentación (Google Drive, Gmail, What's App, etc.).

Tabla 3: Listado de herramientas concretas del *smartphone* relacionadas con las dimensiones de la práctica científica de López y otros (2017). Fuente: elaboración propia.

Los teléfonos inteligentes permiten el acceso a numerosas herramientas ligadas a las dimensiones de la práctica científica expuestas en la **Tabla 3**.

En relación a la indagación real, el *smartphone* consta de sensores y dispositivos adjuntos como: cámara integrada, luz LED, GPS, micrófono, altavoz, acelerómetro, magnetómetro, sensor de proximidad, sensor de luz, etc. Con ellos es posible, entre otras cosas, documentar experimentos (cámara integrada,

geolocalización, audio), o medir directamente determinadas propiedades (intensidad lumínica, campo magnético, aceleración, ...).

Por lo que respecta a la indagación virtual, el *smartphone* permite el acceso a internet, y con él a numerosas aplicaciones online para la simulación de procesos difícilmente observables, como por ejemplo la teoría cinética de partículas.

En relación a la modelización, es posible utilizar el *smartphone* para acceder a aplicaciones para la modelización, como por ejemplo hojas de cálculos de Google, Excel, etc.

Finalmente, por lo que respecta a la argumentación, los teléfonos inteligentes son una herramienta extremadamente poderosa de difusión de información. Esta propiedad intrínseca del *smartphone* permite una argumentación fluida, mediante aplicaciones como *Google Drive*, *Gmail*, *What's App*, etc.

A modo de cierre.

Así pues, se concluye que el *smartphone* es una herramienta que conecta fácilmente con las prácticas de laboratorio, puesto que con él pueden trabajarse todas aquellas dimensiones de la práctica científica: indagación real, indagación virtual, modelización y argumentación.

Además, se trata de una tecnología muy próxima a los alumnos, que permite un fácil acceso a la información y una enorme conectividad; todo ello con un bajo coste. No obstante, el uso de teléfonos inteligentes en el aula también representa un peligro, puesto que puede ser una importante fuente de distracción y hace posible, entre otras cosas, el *cyberbullying*. Así pues, debe existir un control constante por parte del docente y limitar su uso a aquellos momentos de la secuencia didáctica que se presten a ello.

Desarrollo de la propuesta

4. Propuesta didáctica: prácticas de laboratorio y teléfonos inteligentes.

En este apartado se presenta una propuesta didáctica fundamentada en el uso del dispositivo móvil durante las prácticas de laboratorio de la asignatura de física y química, para el desarrollo de toda una serie de competencias del primer ciclo de la ESO.

Cada práctica de laboratorio propuesta irá ligada a un bloque del currículum de las Islas Baleares del primer ciclo de la asignatura de Física y química. Se proponen 6 sesiones, de 55 minutos cada una, tratando algunos contenidos de los bloques: “La Matèria”, “Moviments i Forces”, y “Els Canvis” (ver **Tabla 4**).

De este modo se propone una secuencia didáctica⁷ que tiene por finalidad acercar a los alumnos a la ciencia mediante prácticas de laboratorio cada vez más abiertas -según el nivel de apertura de Sanmartí- y que den respuesta a preguntas más complejas (ver **Tabla 2**); todo ello utilizando teléfonos inteligentes. De este modo, se cataloga cada práctica según la dimensión de la práctica científica a la que haga referencia (Apartado 1), y con el nivel de apertura asociado (Apartado 2).

La secuencia didáctica consta de los siguientes apartados: competencias clave, objetivos didácticos, contenidos del currículum, prácticas de laboratorio, metodología, evaluación y atención a la diversidad.

4.1. Competencias clave.

Las 7 competencias básicas que se deben trabajar en la ESO según el Artículo 6 del Decreto 34/2015 son: comunicación lingüística, competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, competencia de aprender a aprender, competencia social y cívica, sentido de

⁷ Sucesivas actividades con un fin didáctico común.

iniciativa y espíritu emprendedor y, finalmente, consciencia y expresiones culturales.

De las 7 competencias básicas citadas, en esta secuencia didáctica se espera trabajar las competencias siguientes:

1. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
2. Competencia digital.
3. Competencia de aprender a aprender.
4. Competencia social y cívica.
5. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.

4.2. Objetivos.

En relación a los objetivos expuestos por el Decreto 34/2015, con esta secuencia didáctica se pretenden alcanzar los objetivos siguientes:

1. *Concebre el coneixement científic com un saber integrat en distintes disciplines i que forma part del concepte universal de cultura.*
2. *Conèixer i comprendre els fenòmens que tenen lloc a la natura, establint relacions entre ells.*
3. *Aplicar els coneixements i estratègies apresos a l'anàlisi i la resolució de problemes i situacions reals: observació, recerca d'informació, formulació d'hipòtesis, experimentació i/o anàlisi de dades, càlcul i anàlisi de resultats i elaboració de conclusions.*
4. *Dissenyar i dur a terme experiments per explicar fenòmens senzills, utilitzant el material adient i respectant les normes de seguretat i el tractament de residus.*
5. *Adquirir les destreses bàsiques per emprar les tecnologies de la informació i la comunicació com a instrument de feina en la resolució de situacions i problemes.*
6. *Desenvolupar el sentit crític, la iniciativa personal i la capacitat d'aprendre a aprendre propis del pensament científic.*
7. *Utilitzar de forma autònoma les fonts d'informació com a eina de recerca per adquirir nous coneixements.*

8. *Desenvolupar hàbits de feina individual i en equip de forma rigorosa i sistemàtica.*

4.3. Contenidos.

Se tratan los contenidos establecidos por el Decreto 34/2015, del 15 de mayo, que marca el currículum de las Islas Baleares siguientes:

Contenidos del Bloque 2: La materia (1ª Parte).

Modelos atómicos

Isótopos

El sistema periódico de los elementos

Masas atómicas

Contenidos del Bloque 2: La materia (2ª Parte)⁸.

Masa

Volumen

Densidad

Contenidos del Bloque 4: El movimiento.

Velocidad media

Espacio recorrido

Desplazamiento

Contenidos del Bloque 4⁹: Las fuerzas.

Aceleración

Fuerza

Fuerza de la gravedad

Caída libre

⁸ Se separa el bloque de la materia del currículum de las Islas Baleares en dos sub-bloques: La El átomo y La densidad.

⁹ Aunque en el currículum de las Islas Baleares los conceptos de fuerza y movimiento forman parte del bloque 4, en dicha secuencia didáctica se considera por separado.

Contenidos del Bloque 3: Los cambios.

Ley de conservación de la masa

Cambios físicos y químicos

Tabla 4: Contenidos de los distintos bloques del currículum que se trabajan en la secuencia didáctica.

4.4. Prácticas.

Se formarán 5 grupos de laboratorio, lo más diversos posibles, y se utilizará un solo móvil por grupo. Se supone que existe red WIFI disponible.

4.4.1. Práctica 1: ¿Construir un átomo?

(Ver **Anexo 1**)

Se propone a los distintos grupos construir un átomo mediante el simulador *Construye un Átomo* de *Phet Simulations* de la Universidad de Colorado. Para ello inicialmente se presenta el simulador y se contextualiza el modelo atómico que se utilizará mediante una breve introducción teórica (10-15 minutos aprox.).

A continuación, se presentan una serie de actividades que los alumnos deben responder utilizando el modelo. En cada actividad se pide a los distintos grupos que guarden imágenes de cada átomo construido para la futura elaboración del cuaderno de prácticas¹⁰ (30 min. aprox.).

Finalmente, mediante el modo juego del simulador, se lleva a cabo una actividad a nivel de aula en la que los distintos grupos demuestran los conocimientos adquiridos sobre el tema (10 min. aprox.).

¹⁰Cada alumno deberá tener un cuaderno de prácticas de laboratorio donde se contestarán todas las actividades planteadas en el guion de prácticas. Se pedirá que los alumnos “pasen a limpio” dicho cuaderno mediante Word (o similar), adjuntando fotografías o resultados, para entregarlo de forma digital vía Google Classroom.

Esta práctica supone, según las dimensiones de la práctica científica de López y otros (2017), utilizar el dispositivo móvil como una TIC para la indagación virtual. Además, se trata de una práctica de un nivel cero en la escala de Sanmartí (ver **Tabla 2**), por lo que se considera de carácter inicial en la secuencia didáctica.

4.4.2. Práctica 2: ¿Cómo calcular la densidad de un objeto?

(Ver **Anexo 2**)

Se inicia la sesión con una breve (5') introducción teórica sobre qué es la densidad, y a continuación se lanza la pregunta del enunciado. En este punto se espera iniciar un pequeño (5') debate para identificar posibles ideas previas.

Seguidamente, se proporciona un método a los distintos grupos para calcular el volumen de un objeto irregular, en este caso un trozo de una goma de borrar. Este es, mediante el volumen de agua desplazado en una probeta.

Como primera actividad se propone calcular el volumen del primer trozo de goma (de un total de tres trozos cada grupo). La idea es que los alumnos obtengan un mismo valor de la densidad para la goma, aunque las proporciones sean de dimensiones distintas; entendiendo así que la densidad es una propiedad que depende de la relación entre la masa y el volumen, y no del valor absoluto de ninguno de ellos. Además, se pide a los distintos grupos que utilicen el teléfono móvil para documentar el proceso, fotografiando el cambio de volumen de la probeta. Fotografía que deberá adjuntarse al cuaderno de prácticas de cada alumno.

Como segunda actividad se propone programar con el teléfono móvil una Hoja de cálculo de Google para determinar la densidad en los tres casos. Para ello se proporciona un breve tutorial para programar una tabla en la que el resultado de la densidad es automático, al introducir la masa y el volumen del objeto, en este caso la goma de borrar.

Finalmente, los distintos grupos deben enviar por correo electrónico los resultados obtenidos al profesor, respondiendo a la pregunta siguiente:

¿Influye el tamaño de las porciones de goma en el resultado de la densidad? ¿Por qué?

En esta práctica, según las dimensiones de la práctica científica de López y otros (2017), se propone utilizar el teléfono móvil como una TIC para la modelización y la argumentación (ver **Tabla 2**). Además, se trata de una práctica de un nivel uno en la escala de Sanmartí, puesto que se proporciona la pregunta y el método, pero no los resultados. Se trata también así de una práctica de carácter inicial en la secuencia didáctica, pero de un nivel cognitivo superior a la anterior.

4.4.3. Práctica 3: ¿Cuál es la velocidad media a la que camináis hacia el instituto?¹¹

(Ver **Anexo 3**)

Se inicia la sesión planteando la pregunta arriba expuesta y permitiendo una breve (5') reflexión para que los alumnos, en los grupos de laboratorio previamente definidos, debatan sobre cuál podría ser dicha velocidad. Interesa determinar el orden de magnitud de los resultados propuestos a priori por los alumnos, como una idea previa.

Tras la pregunta inicial y el breve debate, se propone a los alumnos que utilicen el móvil para averiguarlo. En este caso se pautará un procedimiento (además de la pregunta) pero no los resultados. De este modo, se tratará de una práctica de un nivel uno en la escala de Sanmartí (ver **Tabla 2**).

El procedimiento propuesto es el siguiente: Inicialmente, los alumnos deberán acceder al navegador Google Maps. Una vez en la aplicación, se introduce la posición inicial (cualquier posición que elija el alumno, distinta a la

¹¹ Práctica de diseño propio (como todas las demás presentes en este trabajo) llevada a cabo durante el periodo de prácticas en el centro IES Ramón Llull.

del instituto) y la posición final (la dirección del instituto), todo ello utilizando el modo peatón¹².

Seguidamente, la aplicación presenta normalmente diversos recorridos. Así, se elige uno de los posibles recorridos y se anota la distancia y el tiempo estimado. Mediante estos dos datos, los alumnos deberían ser capaces de calcular la velocidad media a la que el dispositivo presupone que camina el peatón (en este caso, el alumno).

Este apartado supone, según las dimensiones de la práctica científica de López y otros (2017), utilizar el dispositivo móvil como una TIC para la indagación real, virtual y la argumentación.

A continuación, se propone que se contrasten los resultados -la velocidad media- con los distintos alumnos. Los alumnos obtendrán resultados para la velocidad media muy similares, aunque los recorridos sean del todo variados (puesto que la posición inicial de cada grupo de alumnos será, en principio, distinta). En este momento se planteará la pregunta siguiente:

¿cuál puede ser la causa de que las velocidades medias sean similares para los distintos grupos, siendo los recorridos y los tiempos tan distintos para cada uno de ellos?

Se trata de una pregunta, según la clasificación propuesta por Sanmartí, de tipo deductivo (ver **Tabla 2**), en la que se espera que los alumnos lleguen a la conclusión de que la velocidad media es un término que depende de la relación entre la distancia y el tiempo, y no depende de ninguno de ellos de forma absoluta.

Uno de los contenidos plantados en este bloque es el concepto de desplazamiento y espacio recorrido. Así pues, se propone que los distintos grupos calculen el desplazamiento para el recorrido elegido.

¹² La app *Google Maps* presenta tres posibles modos: peatón, ciclista y automóvil.

Finalmente se propone a los alumnos que repitan el procedimiento descrito para el modo ciclista. En este caso, la velocidad media será distinta a la obtenida en el modo peatón, pero de nuevo las velocidades obtenidas por los distintos alumnos serán similares.

4.4.4. Práctica 4: ¿Fuerzas sobre el teléfono móvil?

(Ver **Anexo 4**)

Se inicia la sesión explicando que los teléfonos móviles de última generación utilizan una serie de sensores, entre ellos un acelerómetro. Se lleva a cabo una breve contextualización teórica y a continuación se propone que utilicen la aplicación *Sensor Mobile*¹³ para acceder al acelerómetro del móvil, y con él poder responder a las preguntas planteadas en el guion.

En este caso, el procedimiento para responder a las preguntas no se presenta de forma explícita, como en la práctica anterior (El movimiento), solo se proporciona toda una serie de preguntas que guían a los distintos grupos en la búsqueda de respuestas. De este modo, se trata de una práctica de un nivel dos en la escala de Sanmartí (ver **Tabla 2**) y por ello de un nivel cognitivo superior; siendo este el hilo conductor de la secuencia didáctica: prácticas cada vez más abiertas usando el *smartphone*.

¿Qué aceleración está midiendo vuestro teléfono móvil en reposo sobre la mesa?

La aplicación móvil muestra un valor ligeramente inferior a 10 m/s^2 . Se espera que los distintos grupos lleguen a la conclusión que, lo que están midiendo es la aceleración de la gravedad. Esta primera pregunta familiariza los alumnos con la aplicación. Nota: Durante la representación gráfica de los datos proporcionados por el acelerómetro representar solo el módulo (desactivar “X”,

¹³ Aplicación desarrollada en el marco de un proyecto final de carrera de la Universidad de Valladolid.

“Y” y “Z”). Solo se considera el módulo de la fuerza y la aceleración despreciando su carácter vectorial.

¿Qué fuerza ejerce el móvil sobre la mesa?

Se espera que los alumnos utilicen la segunda ley de Newton, el valor de aceleración proporcionado por la aplicación móvil (*app*) y la masa del dispositivo para determinar el peso del móvil.

A continuación, se propone a los distintos grupos que ideen un método para hallar que la aceleración (y con ella la fuerza) solo depende de los cambios de velocidad, no de los cambios de posición. Se espera que los alumnos se muevan con el acelerómetro activado a una velocidad relativamente constante y vean que la aceleración medida fluctúa, pero no varía significativamente. Ver **Anexo 4, Actividad 3.**

Finalmente, se propone a los alumnos que reflexionen sobre la pregunta siguiente: Se dice que en el espacio exterior no hay gravedad **¿Es cierta dicha afirmación?**

Para ello, se propone que dejen caer el móvil sobre un cojín o superficie blanda con el acelerómetro activado, registrando el cambio de aceleración durante la caída libre. Se espera que los distintos grupos vean que la aceleración pasa a ser cero durante la caída. De este modo, el teléfono móvil se encuentra en “ingravidez”. En el espacio exterior si hay gravedad, pero los astronautas (y los astros) en órbita se encuentran en caída libre y por ello “no la perciben”. Los distintos grupos deben registrar los datos obtenidos durante la caída libre y enviarlos a la dirección de correo electrónico del centro del profesor. Ver **Anexo 4, Actividad 4.**

Estos apartados suponen, según las dimensiones de la práctica científica de López y otros (2017), utilizar el dispositivo móvil como una TIC para la indagación real y la argumentación.

4.4.5. Práctica 5 (sesión 5 y 6): ¿Cómo verificar el principio de conservación de la masa con un huevo?

Como última práctica de la secuencia didáctica se plantea la pregunta de arriba, **ver Anexo 5**. Se trata de una pregunta, según Sanmartí, de tipo hipotético-deductivo (ver **Tabla 2**) y que, por lo tanto, implica un nivel de razonamiento por parte de los alumnos superior.

Así, se trata de una práctica de un nivel tres de apertura según Sanmartí, en la que solo se proporciona la pregunta; no se da ni la metodología ni los resultados. Solo se entrega una lista de preguntas como guía para los distintos grupos.

Por ello se considera oportuno dividir dicha práctica de laboratorio en dos sesiones. Una primera sesión, para que los alumnos piensen y diseñen un experimento adecuado para demostrar la ley de conservación de la masa. Y una segunda sesión, en la que se lleva a cabo el experimento previamente diseñado por los alumnos.

Se espera que los distintos alumnos lleven a cabo un razonamiento similar a este:

La ley de conservación de la masa dice, entre otras cosas, que la masa en una reacción química cerrada se conserva. Un huevo representa un sistema aparentemente cerrado. La cáscara del huevo es una membrana semipermeable que permite el paso de fluidos, pero supondremos que, en el tiempo que pueda durar el experimento el sistema se comporta como un sistema cerrado.

Dicho esto, induciremos un cambio químico en el interior del huevo y midiendo la masa antes y después del cambio, para así verificar que dicho principio de conservación se cumple.

Pero, ¿cómo inducir un cambio químico en el huevo? Una manera simple es cociéndolo. Al cocer un huevo se llevan a cabo toda una serie de reacciones químicas en su interior, entre otras la neutralización de las proteínas del huevo.

De este modo un posible experimento para verificar la ley de conservación de la masa podría ser el siguiente:

- 1) Medir la masa del huevo inicialmente.
- 2) Cocer el huevo.
- 3) Medir de nuevo la masa del huevo, esto es la masa final de huevo.
- 4) Si la masa inicial es igual a la masa final, entonces verificamos el principio de conservación de la masa.
- 5) Por el contrario, si las masas no son iguales antes y después del experimento, aproximar un huevo como un sistema cerrado es un error.

Así pues, en la primera sesión (de 55') los distintos grupos piensan las preguntas expuestas en el guion de la práctica y a continuación proponen, con la ayuda del profesor si fuera necesario, un posible procedimiento; valorando el material de laboratorio que necesitarían para resolver la pregunta del título de la práctica.

En la segunda sesión, los distintos grupos llevan a cabo el procedimiento diseñado por cada grupo -que se espera sea la expuesta anteriormente-. Cabe prestar atención a que no caiga ningún huevo al suelo. Además, el agua caliente necesaria para cocer un huevo es también una fuente de peligro potencial.

Se propone a los alumnos que utilicen el *smartphone* para documentar el experimento y para que compartan los resultados con los distintos grupos y el profesor. Así pues, en esta última práctica, según las dimensiones de la práctica científica de López y otros (2017), se utiliza el *smartphone* como una TIC para la argumentación.

Como última práctica de la secuencia, se espera alcanzar el objetivo último de la secuencia didáctica: acercar a los alumnos a la ciencia mediante prácticas de laboratorio cada vez más abiertas y que den respuesta a preguntas más complejas; todo ello utilizando el *smartphone*.

4.5. Evaluación.

La evaluación de la secuencia didáctica será de carácter formativo y continuado, por lo que se llevará a cabo una evaluación de la progresión de cada alumno y de cada grupo de laboratorio, mediante la observación y un *feedback* constante de entregas del cuaderno de prácticas¹⁴. Además, se utilizarán diversos instrumentos de evaluación para que la nota de cada alumno sea lo más justa posible:

1. Cuaderno de prácticas de laboratorio. Ver rubrica de evaluación de las prácticas de laboratorio (**Anexo 6**).
2. Lista de control para la valoración de la actitud y cuestiones planteadas por los distintos alumnos en clase¹⁵ (**Anexo 7**). Además, se considerarán los resultados de un cuestionario de Google actitudinal de carácter inicial y final para ver la evolución de la actitud de los distintos alumnos en relación a determinadas características de la ciencia. Ver **Anexo 9**.
3. Escala de observación para la evaluación del trabajo grupal en el laboratorio (**Anexo 8**).

Así pues, la evaluación de la secuencia didáctica constará de una nota individual correspondiente a los Puntos 1 y 2, y una nota grupal correspondiente al Punto 3. De modo que la nota total estará dividida en 3 porcentajes: un 50% correspondiente al cuaderno de prácticas, un 20% a la actitud y a las cuestiones planteadas por los alumnos y, finalmente, el 30% restante a la calidad del trabajo de cada grupo de laboratorio.

¹⁴ Cada alumno deberá tener un cuaderno de prácticas de laboratorio donde se contestarán todas las actividades planteadas en el guion de prácticas. Se pedirá que los alumnos “pasen a limpio” dicho cuaderno mediante Word (o similar), adjuntando fotografías o resultados, para entregarlo de forma digital vía Google Classroom.

¹⁵ Se valorará la riqueza de las cuestiones planteadas por los distintos alumnos, como un indicador del nivel de desarrollo de las competencias asociadas a la secuencia didáctica.

La rúbrica asociada al Punto 1 y la escala de observación del Punto 3 (cuaderno de prácticas y trabajo grupal), serán entregadas a los alumnos al inicio de la secuencia didáctica, para que sepan cómo trabajar en grupo en el laboratorio y como redactar el cuaderno de prácticas. La evaluación de la competencia digital, asociada en este caso al teléfono móvil, será implícita en los tres indicadores arriba expuestos. Por ejemplo, se evaluará de forma negativa el trabajo grupal (Punto 3) por un mal uso del teléfono móvil durante la realización de las prácticas de laboratorio. Este mal uso también se verá reflejado en la evaluación de actitud del alumno implicado (Punto 2) y, muy probablemente, existirán errores en el cuaderno de laboratorio (Punto 1).

4.6. Atención a la diversidad.

Para afrontar la diversidad presente en las aulas, se impulsará un modelo inclusivo que proporcione a todos los alumnos las mismas oportunidades para conseguir los objetivos comunes, todo y sus desigualdades iniciales. De este modo, se formarán grupos de laboratorio heterogéneos¹⁶ y se intentará en todo momento destruir las barreras que puedan impedir que todos los alumnos lleguen al máximo de sus capacidades; proporcionando soporte dentro y fuera del aula si fuera necesario.

Se considera también que el laboratorio es un entorno ideal para el trabajo cooperativo, de tal forma que «el alumno puede contrastar sus interpretaciones con las de los demás y hacer las modificaciones necesarias, descubrir sus puntos fuertes y débiles, modificar sus actitudes y estrategias a partir de los modelos que le ofrecen los compañeros y respetar y valorar la infinidad de diferencias» (Campos, 2015, p.114).

¹⁶ Se considerarán 5 grupos para diseñar las prácticas de laboratorio.

Conclusiones

Tras analizar el papel de las TIC desde el punto de vista de la práctica científica (Apartado 1), las ventajas e inconvenientes del *smartphone* como TIC (Apartado 1.1) y el papel de las prácticas de laboratorio en la didáctica de las ciencias (Apartado 2) se concluye que, el *smartphone* supone un elemento de mejora educativa en el aula de ciencias cuando va ligado a las prácticas de laboratorio (Apartado 3).

Se concluye también que, las prácticas de laboratorio deben ser lo más abiertas posibles para que sean los alumnos los verdaderos protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje. En esta dirección, el uso del *smartphone* por parte de los alumnos también fomenta este protagonismo, a la vez que acerca la escuela a la realidad social del presente.

En el Apartado 4, se ha mostrado cómo es posible construir una serie de prácticas de laboratorio usando el *smartphone* para trabajar aquellos elementos de la práctica científica: indagación, modelización y argumentación. Además, en la construcción de las prácticas, se han trabajado de forma paralela dos elementos: el grado de apertura de la práctica y el uso del *smartphone*.

Por una parte, el grado de apertura de la práctica es parte del hilo conductor de la secuencia didáctica, puesto que se pretende conseguir que los alumnos sean capaces de idear un procedimiento experimental para dar respuesta a una pregunta de carácter científico. Llegar a este objetivo no es inmediato, por ello se proponen prácticas cada vez más abiertas, para que los alumnos se familiaricen progresivamente con este proceso.

Por otra parte, se ha conectado el uso del *smartphone* con todas las dimensiones de práctica científica, para trabajar la competencia digital y acercar la ciencia a los alumnos.

En la primera práctica, El Átomo, se utiliza el *smartphone* para la indagación virtual; se trata de una práctica de un nivel 0 de apertura según Sanmartí y, por lo tanto, de carácter cerrada. La segunda práctica, La Densidad, se utiliza el móvil para la modelización y la argumentación; se trata de una práctica de un nivel 1 y, por lo tanto, algo más abierta que la anterior. La tercera práctica, El Movimiento, se utiliza el *smartphone* para la indagación real, virtual y para la argumentación; se trata de una práctica también de un nivel 1. La cuarta práctica, Fuerzas sobre el teléfono móvil, se utiliza el *smartphone* para la indagación real y la argumentación; se trata de una práctica de un nivel 2 según Sanmartí. Finalmente, la quinta práctica (dividida en dos sesiones), Principio de conservación de la masa con un huevo, se utiliza el móvil para la argumentación; a la vez que se trata de una práctica de un nivel 3 y, por lo tanto, totalmente abierta.

Así pues, se lleva cabo una secuencia didáctica de niveles de apertura 0,1,1,2 y 3. A la vez que se trabaja mediante el *smartphone* en mayor medida la argumentación, seguida de la indagación virtual, la indagación real y, en menor medida, la modelización. Con ello se espera alcanzar el objetivo último de la secuencia didáctica: acercar a los alumnos a la ciencia mediante prácticas de laboratorio cada vez más abiertas y que den respuesta a preguntas más complejas; todo ello usando el *smartphone* para trabajar la competencia digital, fomentar el protagonismo de los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y, acercar el aula a la realidad social del presente.

Cabe recordar que el uso de teléfonos inteligentes en el aula conlleva toda una serie de riesgos, que van desde la simple distracción hasta el *cyberbullying*. Por ello, resulta esencial un control constante por parte del docente y limitar el uso del *smartphone* a aquellos momentos de la secuencia didáctica que se presten a ello.

Finalmente, se espera que las prácticas diseñadas y expuestas en este trabajo tengan una buena acogida por parte de los alumnos. No obstante, ellos tienen la última palabra. Así pues, se considera que cada guion debe adaptarse, si fuera necesario, al contexto del aula en el que quiera ser implementado.

Referencias bibliográficas

- Campos, J. A. (2015). *El uso de las TIC, dispositivos móviles redes sociales en un aula de la educación secundaria obligatoria*. Obtenido de Universidad de Granada: <https://hera.ugr.es/tesisugr/25642005.pdf>. [consulta: 20/05/19]
- Crujeiras, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas. Aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pasta de dientes. *Alambique*, 72, 12–19.
- Decret 34/2015, de 15 de maig, pel qual s'estableix el curriculum de l'educació secundària obligatòria a les Illes Balears*. Butlletí Oficial de les Illes Balears, BOIB núm. 73, de 16 de maig de 2015. Recuperado de: <http://www.caib.es/eboibfront/ca/2015/10308>. [consulta: 16/06/19]
- España, E. y Prieto, T. (2010). Los problemas socio-científicos como contexto para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.
- Fernandez Marchesi, N. (2018). Actividades prácticas de laboratorio e indagación en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*(44), 203-218.
- Gómez, P., & Monge, C. (2013). Potencialidades del teléfono móvil como recurso innovador en el aula: una revisión teórica. *Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*, 1-16.
- Hernandez, N., Gonzalez, M., & Muñoz, P.C. (2014). La Planificación del aprendizaje colaborativo en entornos virtuales. *Comunicar*, 42, 25-33.
- Huete, F., Esteban, D., González, M. A., & González, M. A. (2015). Google Play. Sensor Mobile Application. Recuperado de: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sensor.mobile>. [consulta: 04/06/19]
- Institut Nacional d'Estadística (INE); Institut d'Estadística de Catalunya (Idescat) (2018). *Enquesta sobre equipament i ús de tecnologies d'informació i comunicació a les llars, TICL 2007-2018*. Recuperado de: <https://www.idescat.cat/pub/?id=ticll18>. [consulta: 10/06/19]
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technologicalpedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers & Education*, 55(3), 1259–1269.
- Ley Organica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. BOE núm. 295, de 10/12/2013. Recuperado de: <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>. [consulta: 01/05/19]

- López, V., Couso, D., Simarro, C., Garrido, A., Grimalt, C., Maria, H., & Pintó, R. (2017). El papel de las tic en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las ciencias*, 691-697.
- PHET. (2 de junio de 2019). *Phet colorado. Simulations*. Obtenido de University of colorado boulder: <https://phet.colorado.edu/es/simulations>. [consulta: 20/05/19]
- Pintó, R., Couso, D., & Hernández, M. I. (2010). An Inquiry-oriented approach for making the best use of ICT in the classroom. *eLearning Papers*, 20.
- Prieto, T., España, E., & Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Eureka*, 71-77.
- Romero, M., & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 101–115.
- Sanmartí Puig, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Tendencias. (01 de julio de 2019). Densidad: Espaciociencia. Obtenido de Espacio ciencia: <https://espaciociencia.com/densidad/>. [consulta: 11/06/19]
- Tomás, A., & García, R. (2015). *Experimentos de Física y Química en tiempos de crisis*. Murcia: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia .
- Valiente, O. (2010). 1-1 in Education: Current Practice, International Comparative Research Evidence and Policy Implications. *OECD Education Working Papers*, 44, 20.

Anexos

Anexo 1

¿Construir un átomo?

Para construir un átomo hace falta mucha energía, y en el proceso más energía se desprende. El Sol lo hace constantemente, construye átomos de helio y así “nos calienta”.

Puesto que no disponemos de un laboratorio nuclear, ni las competencias para usarlo, utilizaremos un simulador en línea para construir algunos átomos y medir sus propiedades. El simulador que utilizaremos es [Construye un Átomo](#) de *Phet interactive simulations* de la universidad de Colorado.

Actividad 1:

Acceded al simulador y entrad en el modo átomo. A continuación, construid los átomos estables siguientes: hidrógeno neutro, Ion litio con carga +1, Ion oxígeno -2. Fotografíad cada átomo (mediante un “pantallazo”) y adjuntarlo al cuaderno de laboratorio.

Actividad 2:

Acceded al simulador y entrad en el modo símbolo y responded a las preguntas siguientes:

¿Cómo construir un átomo neutro?

¿Qué relación se observa entre el número de protones y neutrones para que el átomo sea estable?

Construid los átomos: ${}^4_2\text{He}^0$, ${}^{12}_6\text{C}^0$, ${}^{19}_9\text{F}^{-1}$. De nuevo fotografíad cada átomo (mediante un “pantallazo”) y adjuntadlo al cuaderno de laboratorio.

¿Dónde podemos encontrar los átomos anteriores en la naturaleza?

Anexo 2

¿Cómo calcular la densidad de un objeto?

Recordad que la densidad es una propiedad fundamental de la materia y equivale a la relación entre la masa y el volumen

$$d = \frac{m}{V}$$

Calcular la masa de un objeto es sencillo, basta con utilizar una báscula. Pero, ¿cómo calculamos el volumen de un objeto irregular?

Una buena forma de hacerlo es mediante el volumen de agua desplazado. Al introducir un objeto completamente en un recipiente con agua, el volumen de agua cambia. Así, dicho cambio de volumen es igual al volumen del objeto introducido.

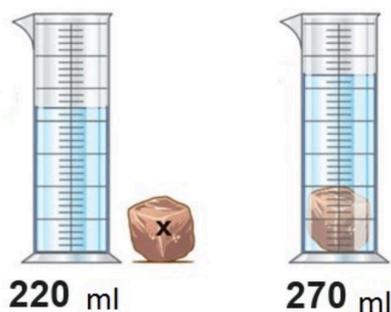


Imagen extraída de: <https://espaciociencia.com/densidad/>

Actividad 1

Utilizad dicho principio para calcular la densidad de distintas porciones de una goma de borrar y completad la tabla siguiente. Además, documentad el proceso fotografiando el desplazamiento de volumen medido en la probeta.

	A	B	C
1	Masa	Volumen	Densidad
2			

Actividad 2

Programad una Hoja de cálculo de Google para el cómputo de densidades.

	A	B	C
1	Masa	Volumen	Densidad
2			
3			
4			

Para ello:

- Abrir la aplicación.
- Construir una tabla como la proporcionada en el guion.
- En la columna de densidad, en la posición C2 introducir: $=A1/B1$
- Copiar el comando anterior en las posiciones C3 y C4.

Ahora el cálculo se ha automatizado.

Actividad 3

¿Influye el tamaño de las porciones de goma en el resultado de la densidad?
¿Por qué?

Compartid los resultados por correo a: alexliesegang@iesramonllull.net con asunto: Nombre de un miembro del grupo - Densidad.

Anexo 3

¿Cuál es la velocidad media (V_m) a la que camináis hacia el instituto?

Dada una posición de llegada y una de salida, las aplicaciones GPS, como Google Maps, son capaces de predecir el tiempo del recorrido y la hora de llegada.

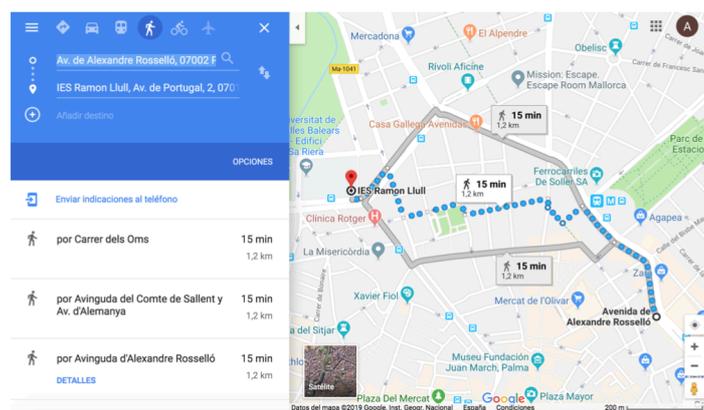
¿Cómo lo hacen?

Para determinar el tiempo de recorrido, los navegadores GPS asumen una determinada velocidad media, distinta para los peatones, ciclistas y coches.

Utilizad Google Maps para predecir la velocidad a la que camináis hacia el instituto.

Para hacerlo:

1. Poned la posición inicial y final en el buscador de *Google Maps* seleccionando el modo peatón.



2. Seleccionad un recorrido y anotar la distancia (en mi caso 1,2 km) y el tiempo estimado (15 min).

Anexo 4

¿Fuerzas sobre el teléfono móvil?

La mayoría de móviles de última generación están equipados toda una serie de sensores que permiten que el teléfono funcione adecuadamente. El simple hecho de girar la pantalla involucra un sensor que mide la aceleración que “siente” el móvil en todo momento. A este tipo de sensor se le denomina acelerómetro y, como se acaba de mencionar, permite medir aceleraciones, es decir, la variación de la velocidad en el tiempo.

Recordar que $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ y se mide en m/s^2 .

Para acceder los datos sobre la aceleración que mide vuestro *smartphone* es necesaria una aplicación. Para ello utilizaremos una app denominada *Sensor Mobile*, diseñada en la universidad de Valladolid.

Actividad 1:

¿Qué aceleración está midiendo vuestro teléfono móvil en reposo sobre la mesa?

Nota: Durante la representación gráfica de los datos proporcionados por el acelerómetro representar solo el módulo (desactivar “X”, “Y” y “Z”).

Actividad 2:

¿Qué fuerza ejerce el móvil sobre la mesa?

Actividad 3:

Sabemos que la aceleración no depende del cambio de posición en el tiempo, sino solo del cambio de velocidad. Dicho de otro modo, a velocidad constante la aceleración es nula.

Pensad una forma de comprobar dicha propiedad. Explicad el procedimiento seguido y describid los resultados obtenidos.

Nota: para ello despreciad pequeñas fluctuaciones.

Actividad 4:

Se dice que en el espacio exterior no hay gravedad. **¿Es cierta dicha afirmación?**

Para responder a esta pregunta se propone el experimento siguiente:

Dejad caer el teléfono móvil sobre un cojín (o un elemento blando a fin de no dañar el móvil) con el acelerómetro activado en modo representación gráfica.

Registrad los datos obtenidos y enviadlos por correo a: alexliesegang@iesramonlull.net con asunto: Nombre de un miembro del grupo - caída libre.

Describid los resultados obtenidos y extraed conclusiones al respecto.

Ayuda para usar el acelerómetro:

- Inicialmente instalar la aplicación Sensor Mobile.
- Seguidamente abrir y entrar en "Medición de datos".
- A continuación, pulsar en acelerómetro.
- Para ver de forma gráfica la aceleración que mide el móvil, pulsar sobre la imagen de la gráfica de la izquierda.
- Pulsar "Empezar".
- Activar solo "Módulo" (desactivar "X", "Y" y "Z")

Anexo 5

¿Cómo comprobar el principio de conservación de la masa con un huevo?

1. Diseñad un método para comprobar la veracidad de la ley de conservación de la masa de Lavoisier para cambios químicos utilizando un huevo de gallina.
2. ¿Qué material se necesita para llevar a cabo dicho experimento?
3. Realizad el experimento.
4. Documentad el experimento y enviad los resultados a: alexliesegang@iesramonlull.net, con asunto: Nombre de un miembro del grupo-Conservación
5. ¿Qué conclusiones se extraen al respecto?
6. ¿Si se realizara el experimento aquí planteado en distintos lugares del mundo, el resultado sería el mismo?

Anexo 6: Rúbrica de evaluación del cuaderno de laboratorio.

	EXPERTO: 4	COMPETENTE: 3	ACEPTABLE: 2	AFICIONADO: 1
FORMA	Se presenta ordenado y consta de todos los puntos establecidos (método, actividades, conclusión)	Se presenta relativamente ordenado, pero presenta todos los puntos establecidos.	Carece de alguno de los puntos establecidos.	Se presenta desordenado y carece de los puntos establecidos.
ACTIVIDADES	Responde correctamente a todas las actividades.	Responde correctamente a la mayoría de las actividades.	Responde a la mayoría de las actividades de forma aceptable.	No responde a las actividades o responde erróneamente a la mayoría de ellas.
METODOLOGÍA (1)	Se describe la metodología utilizada de forma adecuada relacionando los contenidos con la teoría.	Se describe la metodología utilizada parcialmente relacionando los contenidos con la teoría.	Se describe la metodología utilizada parcialmente. Poca relación de los contenidos con la teoría.	No se describe la metodología utilizada correctamente. No existe relación de los contenidos con la teoría.
METODOLOGÍA (2) PARA PRÁCTICAS ABIERTAS	Se propone una metodología adecuada que da respuesta a la pregunta del enunciado	Se propone una metodología relativamente adecuada que responde parcialmente a la pregunta del enunciado.	Se propone una metodología poco adecuada.	No se propone metodología.
PREGUNTA DEL ENUNCIADO	Se responde a la pregunta de forma adecuada y existe una conclusión clara.	Se responde parcialmente a la pregunta y existe una conclusión.	Se responde parcialmente a la pregunta y no existe conclusión.	No se responde a la pregunta ni existe conclusión.
TOTAL	X	X	X	X

Anexo 6: Rúbrica para la evaluación del cuaderno de laboratorio. Se valorará la forma, las actividades, la metodología y la respuesta a la pregunta del enunciado de la práctica. Puntuación máxima y mínima 16 y 4 puntos respectivamente. La conversión de la puntuación de la rúbrica en escala n_{16} a una escala de 10 puntos n_{10} pasa por la relación siguiente: $(10n_{16}-40) / 12=n_{10}$.

Anexo 7: Lista de control.

Alumno	Preguntas					Actitud				
<i>Alex Liesegang</i>	P				P	P	N	N	P	P
...										
...										
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5

Anexo 7: Lista de control para cada alumno. Abajo se especifica cada sesión (S1 equivale a sesión 1). Se usará **P** para positivo y **N** para negativo. Un positivo en el apartado de pregunta equivale a que el alumno ha realizado una buena pregunta en clase. Para obtener el total de la puntuación cada alumno debe tener al menos dos positivos en cada apartado. Los negativos anulan los positivos.

Anexo 8: Escala de observación.

Grupo 1					Grupo 2					Grupo 3					Grupo 4					Grupo 5										
P	N	P	P	P																										El reparto del trabajo entre los distintos integrantes del grupo es adecuado. Existe buen trabajo en equipo.
P																														El uso del teléfono móvil es adecuado.
N																														Se cumplen las normas de laboratorio. Se trabaja de forma rigurosa, haciendo un buen uso del material de laboratorio.
P																														Se recoge y se limpia el lugar de trabajo una vez finalizada la práctica.
S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5						

Anexo 8: Escala de observación para cada grupo. Abajo se especifica cada sesión (S1 equivale a sesión 1). Se usará **P** para positivo y **N** para negativo.

Anexo 9: Cuestionario Google.

Cuestionario de actitud

Escala de actitud de carácter inicial para valorar la actitud de los alumnos de 2o de la ESO en relación a algunas características de la ciencia.

...

La curiosidad es un valor fundamental para la ciencia.*

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

Lo importante es no dejar de preguntarse cosas...*

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

La curiosidad mató al gato, por lo tanto, este no es un valor adecuado para la ciencia.

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

Ser curioso es a veces adecuado, pero el científico debe estar centrado y mostrarse indiferente a determinados aspectos de una investigación.

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

...

La suerte juega un papel fundamental en la ciencia.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

El científico actúa de acuerdo con la razón y no se deja llevar por sus impulsos durante una investigación.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

...

La ciencia exige pruebas reales que validen sus hipótesis.

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

...

El escepticismo es un valor inadecuado para la ciencia.

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

No hay ningún saber firme. La verdad solo existe parcialmente.

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

El científico tiene fe en determinadas leyes que se consideran invariables en el tiempo.

	1	2	3	4	5	
No me gusta	<input type="radio"/>	Me gusta				

⋮

Otros enunciados:

Las teorías científicas son válidas en cualquier parte del mundo, independientemente de la cultura, la raza o la religión.

El resultado de un experimento científico depende claramente de quien lo realiza.

La ciencia y la tecnología son un elemento común a las culturas del mundo.

La ciencia es universal.

Las teorías científicas son invariables en el tiempo. Cuando una teoría se establece nada puede contradecirla.

Si la teoría de la relatividad de Einstein algún día es contradicha por algún hecho, Einstein quedará ante el mundo como un impostor.

Una teoría científica es válida hasta que se demuestre lo contrario.

Muchas de las teorías científicas del presente son provisionales.