

# La enseñanza de la física y la química en tiempos de pandemia

Antonio Pérez Vicente

**Resumen:** En este artículo se incluye una reflexión sobre las condiciones de la enseñanza de la física y la química durante el confinamiento derivado de la pandemia por COVID-19, aportando información sobre recursos didácticos y diversos aspectos relacionados con la metodología, e incidiendo en la importancia del profesor en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**Palabras clave:** Educación, recursos educativos, pandemia, laboratorio, profesor.

**Abstract:** This article includes a reflection on the teaching conditions of physics and chemistry during confinement derived from the COVID-19 pandemic, providing information on didactic resources and various aspects related to the methodology, and emphasizing the importance of teacher in the teaching-learning process.

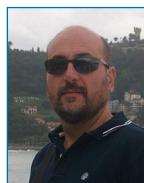
**Keywords:** Education, educational resources, pandemic, laboratory, teacher.

## INTRODUCCIÓN

Ni en nuestras peores pesadillas (ni siquiera leyendo los libros de Orwell, Huxley o Camus) podíamos imaginar la situación en la que nos encontramos en el año 2020. Una pandemia que ha golpeado con dureza a toda la Humanidad, con cientos de miles de muertos y millones de contagiados, poniendo a prueba los sistemas sanitarios de todos los países y socavando los cimientos de la economía.

En el ámbito educativo, la pandemia nos cogió (como a todos los demás) completamente por sorpresa. De la noche a la mañana nos vimos confinados, sin posibilidad de continuar las clases con nuestros alumnos de forma presencial (¿es que hay alguna otra forma?). Ni siquiera nos planteábamos antes de ese momento que las clases

presenciales pudieran ser sustituidas por otro sistema de enseñanza. Es cierto que desde hace años hay otros medios (YouTube, webs...) que “compiten” con el aprendizaje en el aula, pero se trata de clases o explicaciones grabadas, sin interacción entre el profesor y el alumno. El aula es otra cosa: es complicidad, es teatro, es juego, es respeto y tolerancia, es diversidad, es también convivencia y socialización, es compartir, es debatir, es crecer. Por eso nos costó tanto esa ruptura súbita del cordón que nos une a nuestros alumnos. Sí, porque son nuestros, no en el sentido posesivo de la palabra, sino porque los hacemos nuestros, los adoptamos durante un tiempo convirtiéndonos en su guía en este proceso de descubrir el mundo que nos rodea.



A. Pérez Vicente

Departamento de Física y Química  
IES Isabel la Católica  
C/ Alfonso XII, 3 y 5, 28014, Madrid  
C-e: [antonio.perez@iesisabellacatolica.es](mailto:antonio.perez@iesisabellacatolica.es)  
[aperez1@educa.madrid.org](mailto:aperez1@educa.madrid.org)

Recibido: 30/12/2020. Aceptado: 25/03/2021.

## RECURSOS EDUCATIVOS EN TIEMPOS DE PANDEMIA

Desde hace años son muchos los recursos disponibles para la enseñanza de la física y la química en la educación secundaria, tanto en la ESO como en el Bachillerato. Desde aplicaciones (*applets*) de diferentes universidades (por ejemplo las de la Universidad de Colorado)<sup>[1]</sup> y otras entidades educativas (por ejemplo KCVS)<sup>[2]</sup> o personales (Fislab,<sup>[3]</sup> de Tavi Casillas, o FisquiWeb,<sup>[4]</sup> de Luis Ignacio García), como canales de YouTube (y otras plataformas) donde encontrar videos de creación reciente

(algunos muy bien realizados y muy didácticos) o desarrollados hace años (series como “El Universo Mecánico” o “Cosmos”). Recursos creados por profesores, por instituciones, por empresas y por universidades. Recursos para utilizar con el ordenador o incluso con el móvil<sup>[5]</sup> (*apps*). Recursos para crear recursos: aulas virtuales y plataformas de creación de contenidos. Todos ellos son muy interesantes y han permitido que los profesores estemos continuamente adaptándonos a estas utilidades y creando contenidos que permitan que nuestras clases sean más atractivas, más participativas, más amenas.

Pero incluso para los que disponíamos en ese momento de muchos de los recursos anteriores, la ruptura con el “aula” supuso un salto al vacío, un cambio tan radical y tan repentino que solo con el tiempo podemos valorar y evaluar. En nuestro afán por continuar con las clases nos convertimos en buscadores de nuevos recursos: plataformas de videoconferencias, aulas virtuales, pizarras digitales, webcams, grabaciones con el móvil, tabletas gráficas... Durante varios meses, encerrados en nuestras casas, con nuestros problemas familiares, sociales y sanitarios, nos enfrentamos a la tarea de que nuestros alumnos pudiesen continuar su aprendizaje. Aprendimos a marchas forzadas a dar clases *online*, a colarnos en las casas de los alumnos e intentar contar lo que sabemos, a compartir nuestros conocimientos<sup>[6]</sup> y transmitir nuestro entusiasmo por la ciencia.

Enseguida nos dimos cuenta de que, más allá de los problemas informáticos, de las dificultades tecnológicas y de los recursos disponibles (tanto de los alumnos como de los profesores), el problema fundamental estaba en el “aula”, en ese espacio físico y temporal que no se puede sustituir por una pantalla. De repente, nos sentíamos con la necesidad de mantener ese contacto personal, esa cercanía que permite la comunicación directa, la mirada y el gesto, la palabra y el diálogo.

El volumen de contenidos generado en estos meses ha sido enorme y en muchos casos se ha compartido con otros profesores para que puedan utilizarlos con sus alumnos. Hemos contactado con compañeros de otros centros, con profesionales de otros medios y también hemos ido aprendiendo de forma autodidacta cómo crear contenidos, cómo compartir recursos.<sup>[7]</sup>

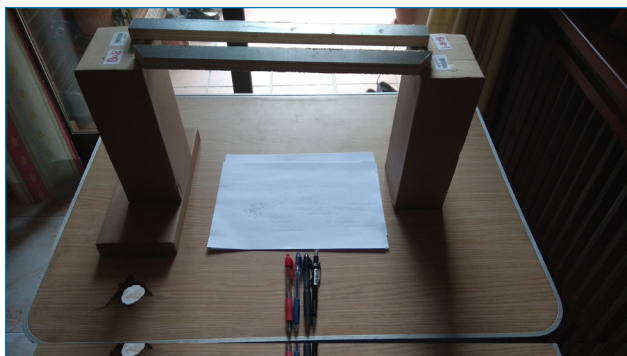


Figura 1. Montaje para la realización de videos caseros con el móvil

Muchos de los recursos desarrollados están disponibles en la Mediateca de Educamadrid,<sup>[8]</sup> en las Aulas Virtuales<sup>[9]</sup> y en el canal de YouTube.<sup>[10]</sup> En otros casos, los materiales sólo estaban disponibles en la “nube” para los alumnos de un grupo. Estas primeras grabaciones caseras se realizaron con un montaje muy rudimentario y el móvil, tal y como se aprecia en la imagen.

Colocando el móvil entre los soportes de madera podía grabar mientras realizaba los ejercicios en la hoja de papel, como si se tratara de una pantalla blanca o una pizarra de clase. El resultado se puede comprobar en YouTube,<sup>[11]</sup> donde se muestran varios videos realizados de la manera descrita.

## EXPERIMENTACIÓN E INVESTIGACIÓN

Uno de los aspectos más importantes de la enseñanza de la física y la química es la posibilidad de realizar experiencias de laboratorio. Si bien es cierto que no en todos los centros ni en todos los cursos se pueden realizar prácticas en el laboratorio (en la mayoría de los casos debido a la falta de horas de desdobles en los horarios) es imprescindible que los alumnos conozcan la base del desarrollo científico, que no es otra que la experimentación. También en este aspecto hay muchísimos recursos disponibles que suplen o complementan (en algunos casos) la experimentación directa en el laboratorio, desde *applets* muy completos a descripciones de prácticas para realizar con materiales sencillos, incluso en casa.<sup>[12]</sup> Este aspecto imprescindible de la enseñanza de las ciencias, y de la física y la química en particular, debe seguir siendo, incluso en estos momentos, el hilo conductor de nuestra tarea como docentes.

Desde hace años se imparten en España enseñanzas del Bachillerato Internacional<sup>[13]</sup> en varios centros, tanto públicos como privados, que inciden en la base experimental de la Física y la Química, completando la formación en estas materias con la realización de investigaciones supervisadas por los profesores. La experiencia de más de diez años formando parte del equipo docente del Bachillerato Internacional en un centro público de la Comunidad de Madrid (IES Maestro Matías Bravo)<sup>[14]</sup> ha permitido comprobar la importancia de que los alumnos realicen este tipo de investigaciones e incluso trabajos más amplios y detallados, denominados monografías. En ellas, el alumno aborda un problema de investigación desde el principio, desde la pregunta que da origen al problema a investigar (promoviendo la curiosidad del alumno) hasta la realización de un informe, pasando por la experimentación y la valoración de los resultados obtenidos. Como señala Miguel Cañizares:<sup>[15]</sup>

Lo importante en las actividades experimentales de los alumnos es el propio proceso de investigación, que sean capaces de hacer una valoración crítica de los resultados obtenidos y del grado de validez de las conclusiones que emitan.

Desde las actividades dirigidas para los alumnos de la ESO hasta las investigaciones más abiertas para los alumnos de Bachillerato, la experimentación debe guiar el proceso de enseñanza de la física y la química.<sup>[16]</sup> Este modo de enfocar el aprendizaje de las ciencias debería ser incorporado en nuestros centros, disponiendo del tiempo y recursos suficientes, de modo que se incluyan en el currículo y en la asignación horaria tanto de las asignaturas como del horario del profesorado. En muchos casos, las experiencias o pequeñas investigaciones se pueden realizar sin costosos materiales ni montajes espectaculares porque el verdadero objetivo es fomentar el descubrimiento como base del desarrollo de la ciencia. En este sentido, hay muchísimos recursos disponibles en textos y en la web aunque, por la simplicidad de los experimentos descritos, es muy interesante el texto editado por la UNESCO donde se indica:

Para que las ciencias se aprendan eficazmente, su enseñanza debe ser experimental. El Nuevo manual ha sido proyectado para que constituya una fuente de ideas para planificar actividades científicas simples, investigaciones y experimentos susceptibles de ser realizados por los mismos alumnos.<sup>[17]</sup>

Pensando en esto, se grabó también un video para que los alumnos pudieran realizar un experimento en su casa, en este caso con un péndulo. Para la realización y montaje del video, que se puede ver en YouTube,<sup>[18]</sup> se contó con el personal de Tenlines /EquusMedia.<sup>[19]</sup>

La idea original era realizar varios videos que permitieran realizar experiencias sencillas con material que tenemos en casa, aunque por el momento está pendiente la ampliación a otras actividades experimentales.

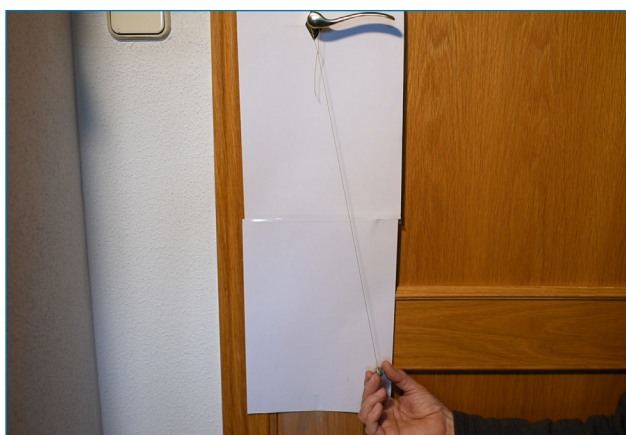


Figura 2. Fotograma del video Péndulo simple

La colaboración con profesionales de la grabación y edición de imágenes continuó con varios videos sobre aspectos muy concretos, en este caso de dinámica: fuerzas de inercia<sup>[20]</sup> y acelerómetro.<sup>[21]</sup> Las imágenes muestran los montajes para explicar estas ideas.



Figura 3. Capturas de los videos realizados con materiales caseros

## EL TRABAJO PERSONAL COMO PARTE DEL NUEVO CURRÍCULO

Otro de los aspectos que se han replanteado durante este tiempo de confinamiento ha sido la realización de trabajos personales. Las clases *online* donde el profesor se pone delante de la pantalla y explica los contenidos como si estuviera en una clase presencial, ya sea para explicar un tema o para resolver problemas (aunque no todas las clases presenciales son de este tipo, sí hay un porcentaje elevado de clases magistrales, al menos en Bachillerato) no parecen la mejor opción cuando el alumno se encuentra en casa conectado con un ordenador (en el mejor de los casos, ya que no todos los alumnos disponen de este recurso informático). Una alternativa puede ser la realización de tareas o trabajos individuales,<sup>[22]</sup> que el alumno puede realizar en el propio tiempo disponible como clase *online* o en otro momento. Para este tipo de actividades resulta muy interesante contar con un aula virtual, como la que está disponible en el entorno de trabajo EducaMadrid,<sup>[23]</sup> que incluye muchos recursos para poder diseñar actividades personalizadas. Aunque se ha trabajado durante muchos años con este entorno, siempre había sido utilizado como complemento de las actividades del aula y no como único medio de comunicación con los alumnos. Una de las actividades más interesantes es el diseño de tareas como la que se muestra en la imagen.

En este caso se trata de una actividad sobre el efecto fotoeléctrico basada en el simulador del mismo nombre

del PhET<sup>[24]</sup> (Universidad de Colorado) que permite trabajar los conceptos relacionados con la frecuencia umbral, la función de trabajo y la energía cinética de los fotoelectrones, comprobando la ecuación de Einstein.<sup>[25]</sup>

## T7-EFECTO FOTOELÉCTRICO

Descarga el archivo [Efecto fotoeléctrico](#) de PhET:

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/photoelectric>

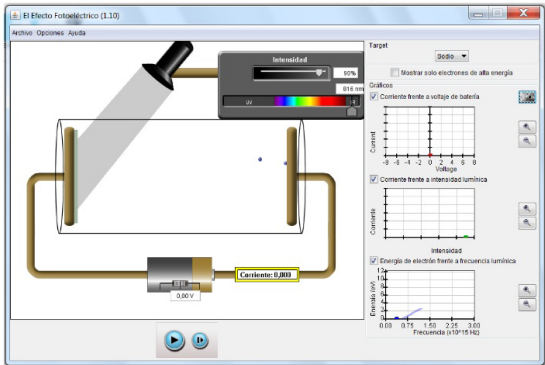


Figura 4. Tarea diseñada para trabajar sobre el efecto fotoeléctrico

El alumno debe realizar la tarea disponible en el Aula Virtual,<sup>[26]</sup> siguiendo las instrucciones que se indican y enviar un informe que el profesor puede corregir y evaluar a través del “calificador” (también incluido en el entorno de trabajo del Aula Virtual y que se muestra en la imagen).

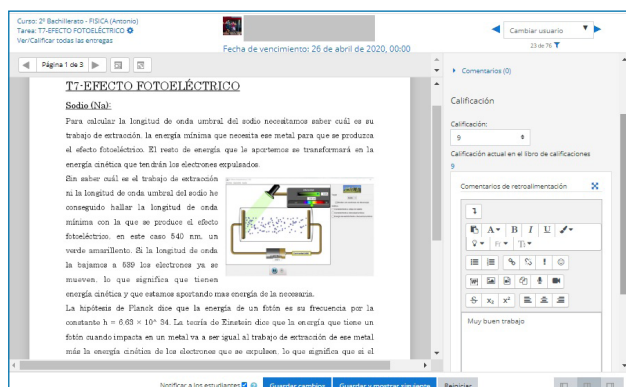


Figura 5. El “calificador” permite visualizar, corregir y evaluar el trabajo del alumno, así como enviar comentarios y las correcciones realizadas

## NUEVO CURSO, NUEVOS RETOS

El nuevo curso 2020-2021 ha traído un escenario muy complejo, donde conviven las clases presenciales y las clases *online*, en algunos casos de forma simultánea, es decir, que los alumnos de un grupo se subdividen en dos subgrupos y en días alternos asisten al centro de forma

presencial mientras que la otra mitad del grupo sigue las clases desde casa. En otros casos se trata de asignaturas que se imparten exclusivamente *online*.

Estas distribuciones horarias suponen un nuevo reto, diferente al del final del curso 2019-2020, teniendo en cuenta que ahora hay alumnos que asisten a clase presencial por turnos (a veces todos los días, pero media jornada cada turno) y en ocasiones con clases presenciales y *online* en días diferentes, con grupos a mitades o completos (cada centro educativo ha optado por una distribución horaria diferente teniendo siempre presente que el objetivo fundamental es preservar la salud y cumplir las normas sanitarias). A ello se suma la posibilidad de que algunos alumnos (o el propio profesor) no puedan asistir a las clases presenciales, bien por haberse contagiado o por tener que guardar cuarentena. Una nueva vuelta de tuerca a la enseñanza a la que tanto profesores como alumnos tratamos de adaptarnos. Ya no se trata de continuar lo que dejamos a medias en el aula en el curso anterior, sino de comenzar de una forma diferente un nuevo curso.

La realidad nos coloca en otro escenario, en uno donde se cambia el decorado cada cierto tiempo. Un nuevo entorno donde se simultanea la clase presencial con alumnos utilizando la pizarra (de tiza, digital o tableta gráfica) con la clase *online* (a través de plataformas de videoconferencia) compartiendo recursos (Aula Virtual, webs...).



Figura 6. Utilidades como la tableta gráfica se suman al conjunto de recursos tecnológicos que añaden posibilidades de trabajo, pero que requieren también de un tiempo de aprendizaje y adaptación

Recursos todos ellos que deben considerarse como herramientas y utilidades que aportan un valor añadido al principal sujeto, el profesor. El profesor como recurso indispensable, quien guía al alumno en el aprendizaje, quien selecciona materiales y recursos, y quien evalúa el proceso. El profesor ha sido en estos meses (y lo va a seguir siendo) una figura insustituible en este nuevo entorno de trabajo ya que acompaña al alumno, resuelve sus dudas y, sobre todo, transmite y motiva. En este sentido, un artículo publicado hace unos años en el blog de José Almeida, Discu(r)siones<sup>[27]</sup> hace referencia a la

importancia del profesor en su papel de acercamiento al alumno. En él se puede leer:

Porque al final un profesor, ese profesor, cualquier profesor no va a poder cumplir adecuadamente con su labor sin llegar a los alumnos, sin entenderlos, sin reírse con ellos, sin sufrir con sus problemas, sin conocerlos para poder así guiarlos, sin entender sus necesidades, sus miedos, sus preocupaciones. No debe pretender por supuesto ser su amigo, ni su colega, porque es lo que menos necesitan; ha de asumir su rol como adulto, actuar con mano firme, ser cercano y accesible pero al tiempo distante para respetar sus espacios, para dejarlos crecer sin que su presencia los perturbe, sabiendo abandonar el primer plano, desapareciendo cuando sea necesario, apareciendo cuando se le necesita, en su aula, con sus clases, guiándolos, respondiendo a sus dudas, evitando que se sientan mal cuando se equivocan, obligándoles a aprender de sus errores, renunciando a la inútil crítica personalizada, abriéndoles puertas y, por supuesto, transmitiéndoles conocimiento.

Y en una reflexión posterior, Almeida incide en el papel del profesor como guía y acompañante en el proceso de aprendizaje, valorando el esfuerzo personal del alumno.

No hay aprendizaje sin esfuerzo pero no hay posibilidad de aprendizaje real para muchos adolescentes sin un profesor que les muestre que ese esfuerzo tiene una meta asequible y los refuerce para conseguirlo.<sup>[28]</sup>

## CONCLUSIONES

Un análisis de la situación vivida durante estos meses de confinamiento, que se ha prorrogado en el curso 2020-2021, nos lleva a considerar algunos aspectos positivos y negativos. Entre los primeros, podemos mencionar el aumento de la autonomía del alumno y la valoración del trabajo personal. El alumno ha dejado de ser un sujeto pasivo para ser el auténtico protagonista. Aunque hace mucho tiempo que el alumno debiera haber adoptado este rol, la inercia del propio sistema educativo y del profesorado ha relegado al alumno al papel de receptor de su propio proceso de aprendizaje. Esto ha cambiado con la situación actual ya que, debido a que en muchos casos el alumno tiene que estar en casa realizando actividades, la participación activa es una obligación que implica la búsqueda de recursos y la resolución individual de las tareas, fomentando la autonomía. La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje debe incluir elementos que tengan en cuenta esta nueva situación valorando las actividades realizadas por el alumno (incluso si la autoría es dudosa) puesto que es en esta faceta de aprendizaje donde se puede comprobar mejor el progreso del alumno y su implicación personal. Las herramientas y recursos que hemos utilizado durante este tiempo nos sirven para poner en marcha este desafío que permita descargar el peso de la evaluación en los

exámenes y valore las actividades y el trabajo del alumno, teniendo en cuenta el principio de probidad académica y utilizando los medios necesarios para su control. Un proceso que, lo hemos visto en estos meses de confinamiento, conlleva un trabajo por parte del profesor para seleccionar y elaborar los materiales y recursos más adecuados. También el alumno debe implicarse más y participar activamente en el proceso, lo que conlleva un esfuerzo más continuo, del día a día, que, a la larga, es el que verdaderamente deja huella en el aprendizaje. Es verdad que el trabajo en el aula, el que realiza el alumno de forma individual, tiene la ventaja de que es supervisado por el profesor y no cuenta con el apoyo de agentes externos que puedan alterar el verdadero propósito de las actividades: generar las habilidades y recursos para resolver por sí mismo los problemas. Se trata de un proceso y, evidentemente, no se consigue el primer día, pero cuando se logra, la satisfacción personal incrementa la autoestima y la valoración personal. Los padres deberían ser conscientes de ello y no hacer los deberes a sus hijos, sino supervisar y guiar (en la medida de lo posible) su realización.

Hay otros elementos importantes del proceso de aprendizaje que se han perdido en estos meses y que debemos intentar reconstruir lo antes posible. En este sentido, podemos incluir en el balance negativo que la pérdida de presencialidad en las aulas implica un deterioro notable de la vida escolar. La escuela (tomando mejor este término genérico que el de centro educativo) es un espacio de socialización y de relación que permite conocer las realidades de los otros, desarrolla la empatía y contribuye a valorar lo propio y lo ajeno (ya sean valores materiales o afectivos), además de ser un factor desarrollador del equilibrio social (o al menos es lo que debiera pretender). También se ha perdido la colaboración y el trabajo en grupo (es bastante complicado generar tareas *online* de trabajo colaborativo, aunque no imposible), que posibilitan la compartición de recursos y habilidades entre varios alumnos, aumentando el grado de participación de todos y desarrollando capacidades de desarrollo cognitivo, incluyendo el reconocimiento de las limitaciones propias. Compartir y colaborar en un trabajo colectivo tiene el valor añadido de crear aportando cada uno sus propias experiencias y capacidades, enseñando y aprendiendo a la vez. En este sentido, los profesores sabemos que sólo se sabe bien algo cuando tienes que explicárselo a otro. Nuestra tarea diaria de explicar es también la tarea de seguir aprendiendo día a día, de buscar recursos para hacer comprensible a nuestros alumnos los conceptos y las ideas que hacen de la física y la química las áreas más importantes del desarrollo de la ciencia, ya que contribuyen al conocimiento de lo que nos rodea, la Naturaleza.

La pérdida de presencialidad (o la semipresencialidad) ha cambiado también la forma de comunicarnos con los alumnos, perdiendo gran parte de la espontaneidad en el aula. Cada clase es diferente y, aunque en muchos casos el profesor parece que repite la misma clase (en algunos casos no sólo se repite una vez, sino que pueden ser tres o cuatro grupos del mismo nivel), los que estamos en el aula día

a día sabemos que esto no es así. Cada grupo de alumnos es diferente, con sus peculiaridades, formado por alumnos diferentes, con sus problemas, sus aptitudes y sus actitudes, que construyen una realidad de aula única. Y el profesor debe saber manejar esa realidad, adaptando sus estrategias de comunicación para llegar mejor a sus alumnos.

Las secuelas de esta pandemia durarán algún tiempo y probablemente sus consecuencias se incorporarán a nuestra cotidianidad, pero no debemos perder de vista algunos aspectos importantes de la ciencia, por un lado, y de la enseñanza, por otro. En este sentido me atrevo a incluir dos fragmentos, uno de un científico (el primer premio Nobel español en el ámbito científico) y otro de un gran poeta del Romanticismo español.

Santiago Ramón y Cajal sobre la docencia:

Ni la ciencia, ni la técnica ni el arte prosperarán en nuestro país mientras los maestros no se esmeren, empleando toda clase de medios, en forjar discípulos que les aventajen.<sup>[29]</sup>

Gustavo Adolfo Bécquer, Rima IV (fragmento):

Mientras la ciencia a descubrir no alcance  
las fuentes de la vida,  
y en el mar o en el cielo haya un abismo  
que al cálculo resista,  
mientras la humanidad siempre avanzando  
no sepa a dó camina,  
mientras haya un misterio para el hombre,  
¡habrá poesía!<sup>[30]</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://phet.colorado.edu/es/simulations/filter?subjects=chemistry,physics&sort=alpha&view=grid> Último acceso 28/12/2020.
- [2] <http://www.kcvs.ca/cards.html?type=applets> Último acceso 20/12/2020.
- [3] <https://www.fislab.net/>  
y también en: <http://www.xtec.cat/~ocasella/index2.htm>  
Último acceso 28/12/2020.
- [4] <https://fisquiweb.es/> Último acceso 28/12/2020.
- [5] <https://www.orbitalesmoleculares.com/apps-para-aprender-quimica/>  
Último acceso 28/12/2020.
- [6] Domenici, V. Distance Education in Chemistry during the Epidemic Covid-19. *Substantia*, **2020**, *4*(1), 961. <https://doi.org/10.13128/Substantia-961>
- [7] Rebecca L. Sansom. Pressure from the Pandemic: Pedagogical Dissatisfaction Reveals Faculty Beliefs *Journal of Chemical Education* **2020**, *97* (9), 2378-2382. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00657>
- [8] <https://mediateca.educa.madrid.org/usuario/aperez1/videos>  
Último acceso 28/12/2020.
- [9] Aula Virtual de Física y Química 1.º Bachillerato (acceso invitado) <https://aulavirtual3.educa.madrid.org/ies.isabellacatolica.madrid/course/view.php?id=214> Último acceso 28/12/2020.
- [10] <https://www.youtube.com/channel/UCrxQ8IPnM7mpAlpQVpavug>  
Último acceso 28/12/2020.
- [11] <https://www.youtube.com/channel/UCrxQ8IPnM7mpAlpQVpavug>  
Último acceso 28/12/2020.
- [12] Tomás Serrano, Antonio y García Molina, Rafael. *Experimentos de Física y Química en tiempos de crisis*. Universidad de Murcia 2015. Disponible en: <https://publicaciones.um.es/publicaciones/public/obras/ficha.seam?numero=2421&edicion=1>
- [13] <https://www.ibo.org/programmes/diploma-programme/curriculum/sciences/chemistry/> Último acceso 28/12/2020.
- [14] <https://www.educa2.madrid.org/web/fisica-y-quimica-mmb/bachillerato-internacional> Último acceso 28/12/2020.
- [15] Cañizares Millán, Miguel. Investigar en física. Experiencia en el Bachillerato Internacional del IES Juan de la Cierva de Totana. *Comunicaciones [Jornadas [sobre] nuevas tendencias en la enseñanza de las ciencias y las ingenierías*. Consejo Escolar de la Región de Murcia, 2008. 159-176. Disponible en: <https://www.ibsurvival.com/applications/core/interface/file/attachment.php?id=7482>
- [16] Tortorella, S., Zanelli, A. y Domenici, V. Chemistry Beyond the Book: Open Learning and Activities in Non-Formal Environments to Inspire Passion and Curiosity. *Substantia*, **2019** *3*(2), 39-47. <https://doi.org/10.13128/Substantia-587>
- [17] *Nuevo Manual de la Unesco para la enseñanza de las ciencias*. Barcelona, Edhasa, 1978. Disponible también en: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000005641\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000005641_spa)
- [18] <https://www.youtube.com/watch?v=f1BeOGnRB8U&feature=youtu.be>  
Último acceso 28/12/2020.
- [19] <https://equusmedia.es/galerias/estudio> Último acceso 28/12/2020.
- [20] <https://www.youtube.com/watch?v=c8avgQpzNY&feature=youtu.be>  
Último acceso 28/12/2020.
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=0VaQaeEAsgw&feature=youtu.be>  
Último acceso 28/12/2020.
- [22] Babinčáková M. y Bernard P. Online Experimentation during COVID-19 Secondary School Closures: Teaching Methods and Student Perceptions. *J Chem Educ.* **2020** Sep 8; *97*(9): 3295-3300. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.0c00748>
- [23] <https://www.educa2.madrid.org/educamadrid/> Último acceso 28/12/2020.
- [24] <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/photoelectric>  
Último acceso 28/12/2020.
- [25] <https://culturacientifica.com/2019/07/02/la-explicacion-de-einstein-del-efecto-fotoelectrico/> Último acceso 28/12/2020.
- [26] Aula Virtual para alumnos de 2 Bach, IES Isabel la Católica-Antonio Pérez (acceso invitado: faraday). <https://aulavirtual3.educa.madrid.org/ies.isabellacatolica.madrid/enrol/index.php?id=213>
- [27] <https://discursiones2.blogspot.com/2014/02/el-profesor-en-la-encrucijada.html?m=1> Último acceso 28/12/2020.
- [28] <https://discursiones2.blogspot.com/2020/10/la-importancia-de-las-emociones-en-el.html> Último acceso 28/12/2020.
- [29] Ramón y Cajal, Santiago. Charlas de café: Pensamientos, anécdotas y confidencias. *Fondo de Cultura económica*, 2016. 213 págs. ISBN 978-607-16-5117-4.
- [30] [http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/rimas-y-leyendas-0/html/00053dfc-82b2-11df-facc-7002185ce6064\\_2.html#I\\_0](http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/rimas-y-leyendas-0/html/00053dfc-82b2-11df-facc-7002185ce6064_2.html#I_0) Último acceso 28/12/2020.