

Artículo original breve

El laboratorio instrumental en el aula

The leap from instrumental practice to its control from the classroom

Tena N, Martín J*

Departamento de Química Analítica. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.

*Correspondencia: jbueno@us.es

Resumen: Puesta en marcha de una actividad encaminada a utilizar recursos instrumentales novedosos y automatizables como refuerzo de los contenidos teóricos en asignaturas de carácter instrumental impartidas en el Grado de Farmacia. El proyecto implica la conexión en remoto con equipos situados en un laboratorio instrumental con el objetivo de elevar el nivel y, al mismo tiempo, instrumentalizar los contenidos de la asignatura. Existen programas de uso libre y seguro, Team-Viewer, Anydesk, etc., que permiten acceder e interactuar con el contenido de ordenadores que no se encuentran a nuestro alcance, pero están conectados a la red. En esta actividad, se propone poner estos programas al servicio de la enseñanza práctica de los alumnos. Estos programas permiten un contacto cuasi-individualizado de los estudiantes con actividades que se van a encontrar en su vida profesional permitiéndoles experimentarlas de forma práctica, motivando así su participación y curiosidad. Como ejemplo de aplicación se sumerge a los alumnos en un laboratorio cromatográfico y se les entrena en la manipulación de un cromatógrafo de líquidos equipado con un espectrómetro de masas en tándem. La experiencia se ha propuesto para determinar el contenido de principios activos farmacológicos en muestras de orina. Esta experiencia se ha mostrado a modo de prueba piloto a profesores noveles con el objetivo de conocer su satisfacción hacia la propuesta y su opinión sobre la posible aplicabilidad en su docencia. Los resultados de las encuestas muestran que la mayoría de los encuestados valoran la experiencia satisfactoriamente, calificándola como atractiva e interesante. Respecto a la aplicabilidad en su docencia, la mayoría opina que es una herramienta útil para introducir en sus programaciones docentes. Además, consideran que puede ser útil para que el alumno pueda practicar en la utilización de software o bases de datos de difícil acceso, no necesariamente vinculados con un laboratorio instrumental.

Abstract: Start-up of an activity aimed at using innovative and automatable instrumental resources to reinforce the theoretical content of the instrumental subjects taught on the Bachelor's Degree in Pharmacy. The project consists of a remote connection with equipment located in an instrumental laboratory to raise the level and at the same time instrumentalise the contents of the subject. There are free and secure programmes (Team-Viewer, Anydesk) that allow accessing and interacting with the contents of equipment that is not within our reach, but which is connected to the network. In this activity, it is proposed to put these programmes at the service of the practical teaching of students. These programmes allow an almost individualised contact of the students with activities that they will encounter in their professional life, allowing them to experience them in a practical way, thus motivating their participation and curiosity. As an example of application, students are immersed in a chromatographic laboratory and trained in the operation of a liquid chromatograph

equipped with a tandem mass spectrometer. The experiment has been proposed to determine the content of pharmacological active ingredients in urine samples. This experience has been shown as a pilot test to new teachers with the aim of finding out their satisfaction with the proposal and their opinion on its possible applicability in their teaching. The results of the surveys show that most of the respondents rated the experience with the highest score, describing it as interesting and dynamic. Regarding its applicability in their teaching, most of them think that it is a useful tool to introduce in their teaching programmes. In addition, they consider that it can be useful for students to practice using software or databases that are difficult to access, not necessarily linked to an instrumental laboratory.

Palabras clave: Instrumentación; Automatización; Simplificación; Team-Viewer; Control Remoto; Enseñanza Práctica.

Keywords: Instrumentation; Automation; Simplification; Team-Viewer; Remote Control; Hands-on Teaching.

1. Introducción

La actividad experimental es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, tanto por la base teórica que puede suministrar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental. Sobre todo, en laboratorios en los que se trabaja en problemas de índole sanitaria como análisis químico, farmacéutico, agroalimentario, toxicológico, etc. El manejo de la instrumentación constituye un soporte apropiado y permite al alumno un aprendizaje intensivo de los contenidos teóricos, además de elevar la calidad de la docencia.

Impregnar el mensaje docente de ejemplos de la vida real, y elevar el nivel y uso de la instrumentalización en el aula, hace que el interés del estudiante por la disciplina crezca, facilitándose la adquisición y asimilación de los conocimientos, fomentándose al mismo tiempo las actitudes/aptitudes [1]. Existen varias estrategias para conseguir este propósito. La más simple es buscar ejemplos variados en áreas tales como la alimentación, salud, farmacia, industria de todo tipo, construcción, medio ambiente, etc. El problema es la disponibilidad de instrumentos novedosos y automatizables "in situ" en los laboratorios docentes como es, por ejemplo, el uso de la cromatografía líquida acoplada a detectores potentes de espectrometría de masas, comúnmente empleados en los laboratorios de calidad [2-4].

En los laboratorios, con más frecuencia de la deseada, aparecen problemas instrumentales que a priori no son fáciles de solucionar. Generalmente, el problema termina solucionándose tras la asistencia técnica pertinente. De un tiempo a esta parte, previamente a la visita técnica, el técnico hace una inspección del equipo de forma remota y esto permite en ocasiones solucionar el problema o adquirir más información para resolverlo. Con este enfoque de partida, y teniendo en cuenta que hoy en día todos los trabajos están automatizados, en este estudio de innovación docente se propone acercar a los alumnos a: (i) Instrumentación automatizable e inaccesible por cuestiones de disponibilidad, seguridad, etc.; (ii) Software con licencias difíciles de conseguir y/o (iii) Bases de datos cuyo uso abierto no es posible. De esta manera, los alumnos pueden interaccionar con los instrumentos y configurarlos para un determinado fin, conocer y familiarizarse de forma práctica con el funcionamiento de diferentes softwares, o realizar búsquedas dirigidas en bases de datos. Esta experiencia la adquieren desde el aula, pero siendo conscientes de que están manipulando y trabajando en un laboratorio instrumental, en una oficina de farmacia o en un despacho de investigación. Así, los alumnos obtienen una formación cuasi-individual y práctica sobre la utilización de diferentes herramientas que van a encontrar en sus futuros puestos de trabajo. Se pretende, por tanto, acercar su formación a la realidad que afrontarán en su futura vida

profesional. Asignaturas tales como Química Analítica Aplicada y Fundamentos Físicoquímicos de las Técnicas Instrumentales del Grado en Farmacia son asignaturas básicas en cuyos contenidos se incluye el estudio de la instrumentación. En otras como Química orgánica o Prácticas Tuteladas de Farmacia se instruye al alumno en la utilización de softwares y/o bases de datos de difícil acceso. En ambos casos, la aplicación del recurso propuesto en este estudio favorecería la adquisición de habilidades prácticas por parte de los alumnos.

En resumen, se concluye que con este estudio se pretende establecer el cambio de una enseñanza-aprendizaje tradicional a otra más eficiente, directa e innovadora. Todo ello implica la necesidad de implementar el uso de instrumentos en el aula, de modo que al mismo tiempo que se estudian de forma teórica estos instrumentos, se permita a los alumnos realizar un “aprendizaje práctico con el equipo real”, con el fin de que sean capaces de aplicarlo de forma adecuada cuando se incorporen al mundo laboral. Además, el diseño de estas actividades supone un apoyo al aprendizaje de carácter innovador y fomentan el uso de las tecnologías de la información y la comunicación como instrumentos de apoyo a la enseñanza.

2. Material y métodos

Team-Viewer [5] o Anydesk [6] son herramientas de escritorio, acceso y asistencia remota que además de confiables son gratuitas. Para aplicar la herramienta se necesita disponer de un aula con ordenador con control remoto, pero para que la experiencia resulte más práctica e interactiva la situación ideal implicaría el uso de un aula de aprendizaje TIC, donde un máximo de tres alumnos tuviera acceso a un mismo ordenador. Así, tal y como se plantea en este estudio, se puede trabajar de dos formas diferentes: (a) en actitud pasiva y (b) en actitud dinámica por parte de los estudiantes. A continuación, se detallan las dos formas de trabajar propuestas:

a) Actitud pasiva. El profesor, o un alumno, es el único que puede interactuar de forma remota con el instrumento seleccionado. Al mismo

tiempo, en las pantallas de ordenador de los alumnos o en una pizarra digital/proyector se reproduce lo que el profesor o el alumno está realizando sobre el instrumento de forma remota. La disposición del aula para llevar a cabo esta experiencia sería similar a la que se muestra en la Figura 1. Donde el único ordenador conectado por Team-Viewer al instrumento sería el del profesor o alumno que interactúa con él. Este modo de trabajo permite que el alumno vea de forma individualizada los cambios que el profesor o alumno está realizando en cada momento sobre el instrumento. El hecho de observar cómo se implementa una acción sobre un instrumento, el efecto que dicha acción tiene sobre la forma de trabajar del mismo y el resultado que genera, permite al alumno reforzar y retener mejor los conocimientos adquiridos en las clases de teoría. Este proceso de aprendizaje motiva al alumno y lo transporta a una realidad más cercana, a pesar de que la manipulación del instrumento no la esté realizando él mismo. Esta actividad en actitud pasiva está pensada para llevarse a cabo con grupos de número de alumnos ilimitado.



Figura 1. Aula de aprendizaje TIC en la que la actitud de los alumnos es pasiva.

b) Actitud dinámica. En este caso los alumnos se distribuyen en grupos de tres como máximo y cada uno de los grupos formados tiene acceso a un ordenador con el que pueden interactuar de forma remota e individual con el instrumento al que esté conectado. La disposición del aula para llevar a cabo esta experiencia sería similar a la que se muestra en la Figura 2. Cada ordenador estaría conectado por Team-Viewer a un instrumento diferente. Lo ideal sería que los ordenadores estén conectados a instrumentos

iguales, de manera que cada uno de ellos funcione según las directrices que los alumnos les van indicando a través del control remoto (por ejemplo: diferentes determinaciones analíticas). El hecho de poder programar el software de los instrumentos y ver el efecto que esto provoca en el resultado acerca la parte práctica del aprendizaje de los alumnos a una situación más real. Sin embargo, este planteamiento es más difícil de conseguir que el anterior ya que este estudio está pensado para trabajar con instrumentos de difícil acceso. No es fácil disponer de varios instrumentos novedosos e inaccesibles. Una alternativa sería que los ordenadores de los alumnos se conecten a los softwares de los instrumentos en modo off-line, es decir, puedan manipular las condiciones de análisis, pero no puedan observar el efecto de los cambios realizados. Esta actividad en actitud dinámica está limitada a un grupo de 12-15 alumnos máximo.

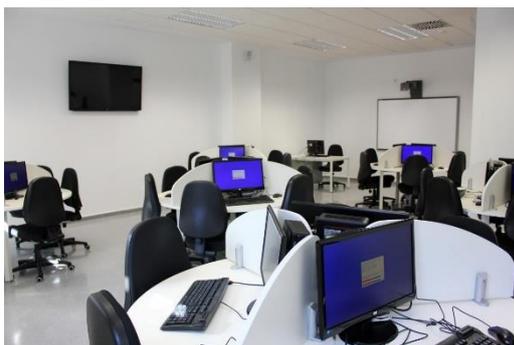


Figura 2. Aula de aprendizaje TIC en la que la actitud de los alumnos es dinámica.

Este modo de trabajo en actitud dinámica es el ideal para conseguir el objetivo de este estudio. Esto permite a los alumnos acercarse de forma cuasi-individual (3 alumnos) al manejo de instrumentos inaccesibles. Siguiendo la premisa de: “*se aprende lo que se practica*” se brinda al alumno la oportunidad de manipular y, por tanto, de aprender el funcionamiento de un instrumento puntero, sofisticado y novedoso, de forma remota.

Además de poder aplicar esta actividad en modo de trabajo pasivo o dinámico, en función del número de alumnos y de los recursos de que

se dispongan, esta herramienta puede extenderse no sólo a asignaturas instrumentales del área de Química Analítica sino también al estudio de contenidos de diversa índole (análisis bioquímico, caracterización funcional, análisis toxicológico, etc.). Para encontrar el mayor abanico de aplicaciones para este recurso es importante identificar qué instrumentación es inaccesible para los alumnos o qué aplicación deben lo alumnos conocer de primera mano y a la que no tienen un acceso fácil desde el aula. Así, se puede hacer una clasificación de las posibles aplicaciones de este recurso de la siguiente forma: (a) instrumentación inaccesible (por ejemplo: técnicas cromatográficas con sistemas de detección sofisticados, detector MS/MS); (b) Software cuya gestión de licencias es complicada y/o inaccesible (por ejemplo: ChemDraw); (c) Bases de datos que se encuentran en las oficinas de farmacia y a las que no se puede acceder si no se está en una farmacia.

3. Resultados

Con este proyecto se pretendió desarrollar ciertas habilidades y tendencias que se juzgan esenciales en el aprendizaje científico en el que el trabajo experimental es clave. Los estudiantes son, en último término, los beneficiarios de estos saberes que pretenden incorporarlos a la realidad para que así sea más favorable en un futuro su inserción laboral. Es esencial así afrontar problemas de diversa índole sanitaria (análisis químico, farmacéutico, agroalimentario, toxicológico, etc.).

Estas actividades destinadas a dotar las prácticas de laboratorio de más sentido real, dada su naturaleza, requieren del uso de instrumentación de diversa índole, generalmente de elevado coste económico. Con la herramienta Team-Viewer, se pretende que todos los alumnos puedan manejar en remoto los instrumentos y además puedan detectarse sus debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades.

A continuación, se explica una posible aplicación de esta herramienta. La propuesta fue presentada a profesores noveles, con menos de 5 años de experiencia docente, como una alternativa de innovación docente en la que se pone al servicio de los alumnos instrumentos inaccesibles en un laboratorio de prácticas a través de la herramienta "Team-Viewer". Esta aplicación se expuso a los profesores en el modo *actitud pasiva* durante 1 hora de clase. Tras finalizar la actividad se realizó una encuesta tipo hashtag "#Así si..." "#Así no..." donde se pedía a los profesores noveles que indicasen el grado de satisfacción con la propuesta, las posibilidades de aplicación de la misma en su docencia y qué aspectos consideraban que debían mejorarse o tenerse en cuenta.

3.1. Aplicación de la herramienta

Se muestra, a continuación, el uso de Team-Viewer para determinar principios activos farmacológicos en muestras de orina por cromatografía de líquidos acoplada a la espectrometría de masas en tandem (LC-MS/MS):

En primer lugar, los alumnos en sus ordenadores pulsaban sobre el logotipo de TeamViewer para acceder al programa de asistencia remota. Una vez facilitada la clave, tendrán acceso directo al software del instrumento. Tras conectarse en línea, se realizan una serie de actividades prácticas con los alumnos que se enumeran a continuación (figuras 3,4):

1. Identificar componentes del cromatógrafo (inyector, bomba, columna y detector).

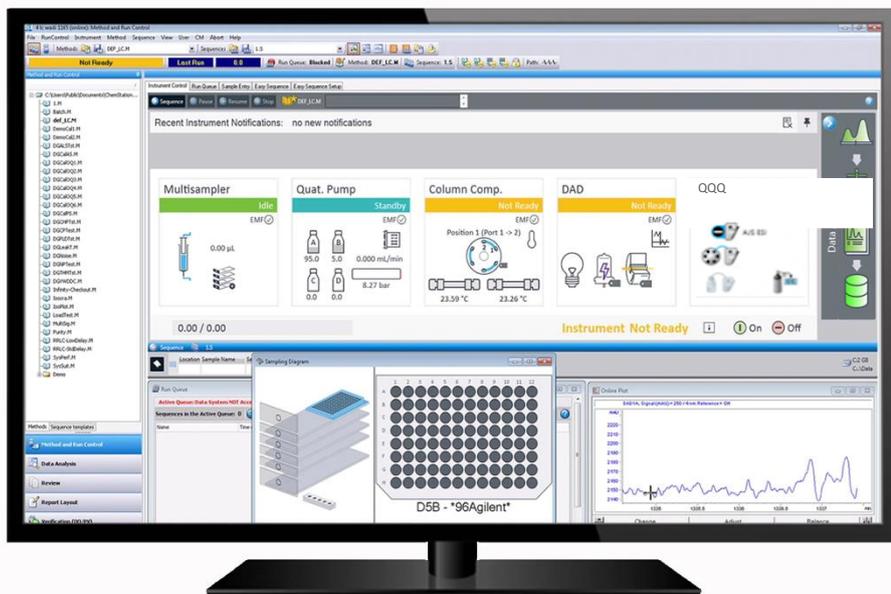


Figura 3. Contacto con el software y componentes del instrumento.

2. Optimizar la separación cromatográfica: Fase móvil y gradiente. Los alumnos cambian *in-situ* la composición del gradiente de la fase móvil y comprueban cómo afecta a la separación de los picos cromatográficos.
3. Optimizar las condiciones de detección: Estudio de los parámetros de identificación de los principios activos farmacológicos. Los alumnos seleccionan para cada fármaco, en base a los espectros de masas de las librerías, el ion precursor y dos iones productos (para la posterior cuantificación e identificación, respectivamente).
4. Trabajar la cuantificación: Integración de áreas y construcción de la recta de calibrado (área *vs* concentración del patrón).

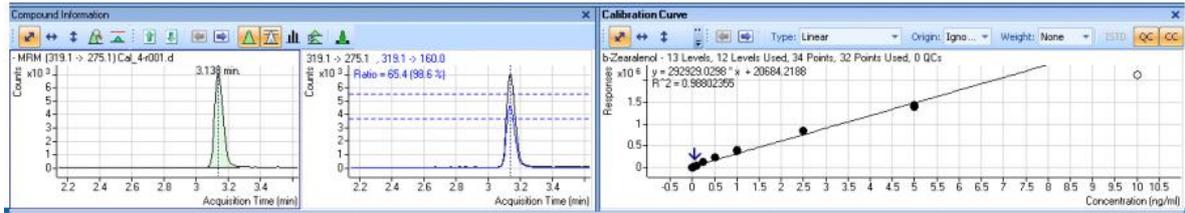


Figura 4. Cuantificación de los analitos en la muestra de orina.

Los resultados obtenidos de la encuesta tipo hashtag se han dividido en dos grupos. Así, un grupo recoge los resultados relacionados con el grado de satisfacción y/o la opinión sobre la herramienta propuesta y el otro grupo analiza las posibles aplicaciones que los encuestados sugieren para dicha herramienta. En relación con el primer grupo creado que analiza el grado de satisfacción de los profesores noveles con la propuesta, las respuestas se han clasificado a su vez por categorías. Se han seleccionado 5 categorías, cuatro de ellas extraídas de la encuesta “#Así si...” y una de la encuesta “#Así no...”. Se han unificado dentro de cada categoría las respuestas de los encuestados según la similitud de cada propuesta y se han cuantificado dichas respuestas. Se ha calculado el porcentaje de encuestados que están de

acuerdo con cada categoría respecto al total de encuestados. La Figura 7 muestra los resultados obtenidos relacionados con la satisfacción/opinión de los encuestados sobre la propuesta. Como se observa en la Figura 5, la mayoría de los encuestados han escrito comentarios que se agrupan en las categorías que hacen referencia a una valoración positiva de la propuesta. Sin embargo, un 50% de los encuestados han utilizado el hashtag “#Así no...” para poner de manifiesto que consideran que es necesario más de una hora de clase para interactuar con el instrumento y familiarizarse con el software. Además, cabe resaltar que el 40% de los encuestados indicaron que consideran la propuesta útil para introducir en su proyecto docente.

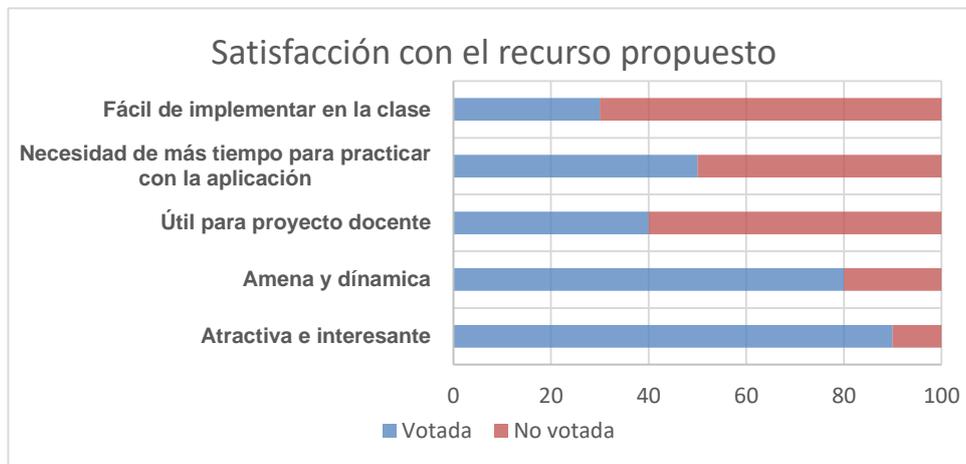


Figura 5. Opinión de los encuestados sobre la actividad formativa.

La Figura 6 muestra los resultados obtenidos relacionados con las posibles aplicaciones/utilidades que los profesores encuentran para la herramienta propuesta. En

esta ocasión, los resultados se han agrupado en 5 categorías. Los resultados se han obtenido utilizando el mismo procedimiento que se ha descrito anteriormente.

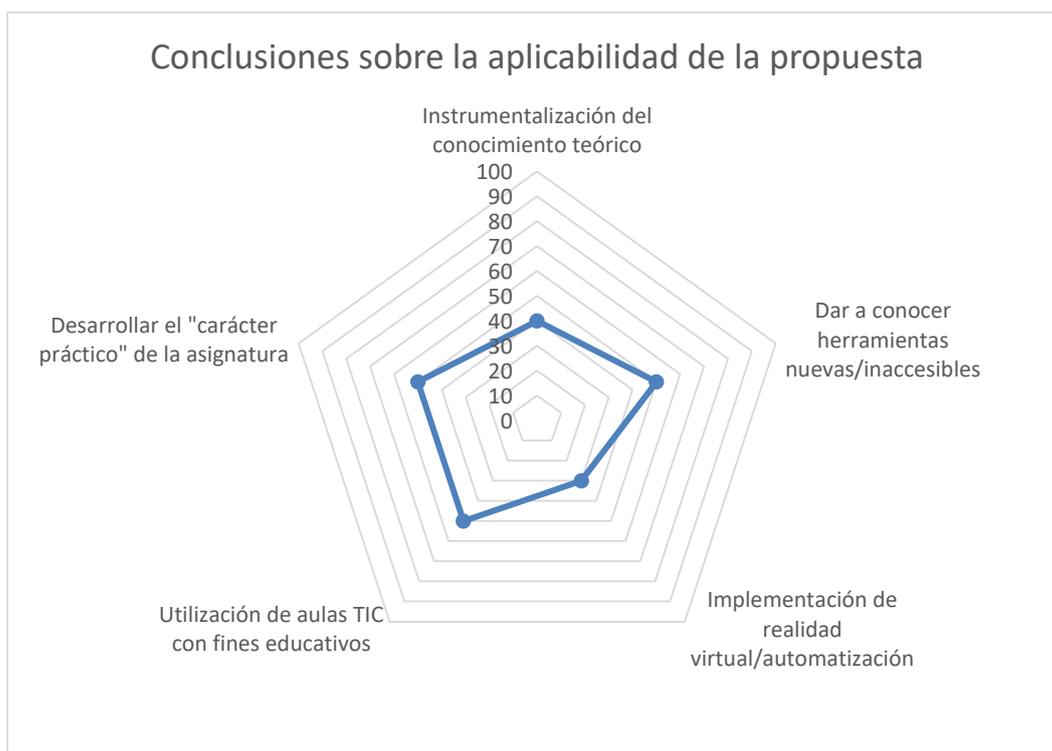


Figura 6. Posibles aplicaciones/utilidades de la herramienta detectadas por los encuestados tras su utilización en modo pasivo.

El 50% de los encuestados coinciden en que la propuesta permite al alumno conocer herramientas nuevas y/o inaccesibles, ya sean instrumentos, software, bases de datos, etc., y además ponen de manifiesto que el recurso permite dar uso de las tecnologías de la información y de la comunicación como instrumentos de apoyo a la enseñanza.

4. Discusión

Esta herramienta permite trabajar contenidos prácticos, sirviendo de apoyo y soporte al profesorado, al mismo tiempo que despierta la motivación, la curiosidad y las ganas de aprender del alumnado al presentarles los contenidos en un formato visual, real y muy sugerente para ellos. El hecho de complementar las clases magistrales en aulas con este tipo de herramientas digitales permite: Incluir el carácter experimental en el aula (manipulando el software del equipo); Facilitar la comprensión de los contenidos; Aumentar el grado de complejidad en función del grupo; Sorprender y despertar la curiosidad del

alumnado por la actividad; y, Extrapolar conocimientos a la realidad y al posterior mundo laboral.

Tras la puesta en práctica de la herramienta con profesores noveles se detalla, a continuación, las fortalezas y debilidades encontradas:

Fortalezas:

- Fácilmente implementable a cualquier otra disciplina que implique el uso de instrumentos conectados a ordenador y a bases de datos y software de difícil acceso.
- Herramienta gratuita, fiable y segura.
- Posibilidad de estudiar técnicas no comúnmente encontradas en laboratorios docentes por su elevado coste.

Debilidades:

- Necesidad de un aula con ordenadores.

- Para que la herramienta resulte efectiva se necesitan sesiones de más de una hora, siendo el tiempo óptimo 2 horas.
- El alumno no puede acceder al instrumento en cualquier momento que le apetezca, necesita de claves de acceso al equipo.
- Simultáneamente no puede haber dos grupos de trabajo haciendo experiencias distintas con el mismo instrumento.
- No se puede evaluar experimentalmente, los contenidos se deberán evaluar de forma teórica.

5. Conclusiones

La herramienta Team-Viewer permite al alumno desarrollar ciertas habilidades y formas de trabajar, esenciales en el trabajo experimental. Con la conexión remota a un laboratorio instrumental equipado con un LC-MS/MS, los profesores noveles de farmacia pudieron trabajar desde el aula con un equipo de última generación y de gran novedad no común en los laboratorios docentes por su elevado coste. Así, los profesores han podido experimentar que la utilización de esta herramienta permite a los alumnos tener un contacto cuasi-individualizado con el instrumento, sirviendo de apoyo y soporte al

profesorado. Además, les permite experimentar de forma práctica los contenidos teóricos, algo que indudablemente motiva la participación y curiosidad de los estudiantes. El ejemplo que se les mostró a los profesores fue creado para los estudiantes de segundo curso de farmacia, donde los alumnos estudian en profundidad las técnicas cromatográficas, se aplicó a la determinación de principios activos farmacológicos en muestra de orina. Entre las funciones de los alumnos estaba: optimizar la separación cromatográfica, optimizar los parámetros de identificación y detección en un detector MS/MS; trabajar la integración de los picos sobre el cromatograma obtenido, elaborar la curva de calibrado y realizar los cálculos necesarios para obtener de forma automática la cuantificación de los compuestos identificados. Los profesores, tras realizar la experiencia, concluyeron que era una propuesta atractiva, interesante y útil para implementar el contenido práctico de las asignaturas desde el aula. La propuesta fue bien acogida y la gran mayoría contemplan la posibilidad de incluirla como herramienta en su proyecto docente.

Conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener conflictos de intereses.

Referencias bibliográficas

1. Bain, K. Lo que hacen los mejores profesores universitarios. 2ª ed, Valencia: PUV. Universitat de València; 2007. 232 p.
2. Kennepohl D, Baran J, Currie R. Remote Instrumentation for the Teaching Laboratory. J. Chem. Educ. 2004;81(12):1814.
3. Díez-Pascual AM, Jurado-Sánchez B. Remote Teaching of Chemistry Laboratory Courses during COVID-19. J. Chem. Educ. 2022;99(5):1913–22.

4. Szalay PS, Zeller M, Hunter AD. The Incorporation of Single Crystal X-ray Diffraction into the Undergraduate Chemistry Curriculum Using Internet-Facilitated Remote Diffractometer Control. *J. Chem. Educ.* 2005;82(10)1555.
5. TeamViewer. Descarga del programa. Disponible en: <https://www.teamviewer.com/es/>
6. Anydesk. Descarga del programa. Disponible en: <https://anydesk.com/en>

Este trabajo debe ser citado como:

Tena N, Martín J. El laboratorio instrumental en el aula. *Rev Esp Cien Farm.* 2023;4(1):156-164.