



## Clase invertida de espectroscopía: una experiencia en el marco de un Programa de Excelencia para Bachillerato

Juan Peña Martínez<sup>1</sup>, Beatriz Gómez Gómez<sup>1</sup> y Noelia Rosales Conrado<sup>1</sup>

### Resumen

En el presente trabajo se describe una experiencia didáctica en un curso de Bachillerato, perteneciente al Programa de Excelencia, de un centro escolar de la Comunidad de Madrid (España). Mediante un modelo de clase invertida o *flipped classroom* (de su traducción en inglés), se abordaron los fundamentos relacionados con las técnicas de análisis espectroscópico y se realizaron actividades experimentales como la preparación de un espectroscopio “casero”. Tras la intervención, se llevó a cabo una encuesta de satisfacción para conocer la percepción de los estudiantes sobre las actividades realizadas y sobre el modelo de enseñanza-aprendizaje aplicado. Los alumnos han valorado positivamente la nueva metodología, si bien, su aplicación ha generado un cierto desconcierto que puede generar dudas a la hora de aplicar el enfoque de clase invertida a otras asignaturas.

### Palabras clave:

Bachillerato, clase invertida, espectroscopía, espectroscopio casero.

### *A flipped classroom of spectroscopy: an experience within the framework of an Excellence Program for High School*

### Abstract

A didactic experience addressed to a class of outstanding college students of Madrid (Spain) is presented in this work. The instruction was devoted to spectroscopy analysis techniques following a flipped classroom model i.e. some experimental activities such as a home spectroscope preparation were carried out. After the instruction, the students' perception of the activities and the proposed learning-teaching model was analysed through a satisfaction survey. Although there is a positive assessment of the new methodology, its application to other subjects must be reconsidered taking into account the confusion created in the students.

### Keywords

High school, flipped classroom, spectroscopy, home spectroscope.

<sup>1</sup>Universidad Complutense de Madrid.

## Introducción

En la Comunidad de Madrid (España) se desarrolla un "Programa de Excelencia" dirigido a estudiantes de Bachillerato, altamente motivados y suficientemente capacitados para profundizar en aspectos teórico-prácticos en el ámbito científico, humanístico, artístico y tecnológico. El programa es una alternativa al plan de estudios convencional para alumnos más "aventajados", de tal manera que, la diferencia principal entre la modalidad del Bachillerato convencional y la modalidad de aula de excelencia reside en el número de horas de determinadas asignaturas y la realización de un proyecto de investigación que se debe presentar en el segundo curso para poder obtener el título de Bachiller. Específicamente, para el primer curso del Bachillerato científico-tecnológico, las horas lectivas de las asignaturas Física y Química e Inglés, se incrementan en una hora semanal y, por tanto, los estudiantes del programa cursan cinco horas semanales de estas dos materias. Otra de las diferencias con el Bachillerato convencional es que el mencionado programa contempla la organización de actividades, cursos o seminarios adicionales en las distintas materias que componen el plan de estudios, lo que supone un verdadero reto a la hora de optimizar el tiempo disponible de aula para poder ampliar el número de actividades. A priori, un enfoque de clase invertida, también conocido por el término en inglés *flipped classroom*, puede ser una buena opción para superar el desafío anteriormente mencionado puesto que permite trabajar la parte de menor exigencia cognitiva de las unidades didácticas fuera del horario escolar, empleando el tiempo de clase a la realización de experimentos y resolución de problemas (Bergmann y Sams, 2009). Por unidad didáctica se puede entender el conjunto de actividades referidas a unos contenidos relacionados entre sí y orientados a cubrir unos objetivos determinados (Gutiérrez, Marco, Olivares y Serrano, 1990). En cuanto a una definición de clase invertida, se puede indicar que es un enfoque cuyo objetivo es incrementar el tiempo de interacción y el contacto personalizado entre estudiantes y profesores, creando un entorno donde el estudiante pueda responsabilizarse de su propio aprendizaje (Hibbard, Sung, y Wells, 2015; Ryan y Reid, 2016). En definitiva, el aula se convierte en un espacio donde se resuelven problemas, se avanza en conceptos y se fomenta la participación de los estudiantes (Jordán, Pérez y Sanabria, 2014). The Flipped Learning Network (FLN), que es una red de educadores e investigadores dedicados a este tipo de enfoque, entre ellos Aaron Sams y Jon Bergmann, define el aprendizaje invertido o *flipped learning*:

*El aprendizaje invertido es un enfoque pedagógico que implica un desplazamiento de la intervención didáctica de la dimensión del aprendizaje grupal a la dimensión del aprendizaje individual, posibilitando que el espacio grupal restante se transforme en un ambiente de aprendizaje dinámico e interactivo en el que el facilitador guía a los estudiantes en la aplicación de los conceptos y en su involucramiento creativo con el contenido del curso (FLN, 2014).*

La anterior red hace hincapié en diferenciar los términos *flipped classroom* y *flipped learning* (aprendizaje invertido). Indican que se puede invertir la clase o *flipping a class*, pero ello no tiene porqué necesariamente conducir a un aprendizaje invertido o *flipped learning*. Invertir la clase puede ser simplemente "pedir a los estudiantes que lean un texto, vean videos con materiales adicionales o resuelvan problemas de manera previa a su clase", pero si se pretende conseguir un aprendizaje invertido se recomienda incorporar una serie de aspectos fundamentales o pilares en la práctica docente, de las que destacamos:

- El espacio físico de aprendizaje se reconfigura para que los estudiantes interactúen y reflexionen.
- El tiempo de aula se aprovecha para explorar en profundidad los contenidos, dando la oportunidad de crear experiencias de aprendizaje de mayor riqueza.
- Los métodos y estrategias de aprendizaje activo centrados en el alumno se adaptan a éstos.
- El profesor realiza un seguimiento continuo y cercano a sus estudiantes ofreciendo una retroalimentación inmediata.

En este trabajo aunque se ha utilizado el término de clase invertida para nombrar a la metodología aplicada, y no el de aprendizaje invertido, hay que señalar que los autores del mismo han tenido presente las recomendaciones descritas anteriormente por *The Flipped Learning Network* y, por tanto, se especificará en los puntos siguientes el trabajo desarrollado para facilitar tanto el aprendizaje individual del estudiante en casa como el aprendizaje grupal y activo en el aula. El hilo conductor en ambos aprendizajes es la introducción de las técnicas espectroscópicas para el análisis y la identificación de sustancias.

Respecto a las posibles ventajas e inconvenientes del enfoque de clase invertida (Fulton 2012, Rohel 2013), se considera positivamente que los docentes puedan dedicar más tiempo a la atención a la diversidad en el aula, y que los estudiantes puedan avanzar a su propio ritmo en el trabajo fuera de la misma, fomentando así su autonomía y responsabilidad. Sin embargo, para conseguir esto último es crítico disponer de unos recursos adecuados para el trabajo personal del estudiante (Montalbano y Marinelli, 2019). Normalmente se preparan materiales en línea, videos tutoriales, presentaciones y textos divulgativos (Vaughan, 2014). Y aquí radica lo que puede ser considerado como una desventaja de esta estrategia, al incidir en un mayor esfuerzo y dedicación al proceso de enseñanza-aprendizaje (Montalbano y Marianelli, 2019). Por un lado, los profesores necesitan más tiempo para seleccionar los contenidos, planificar, organizar las actividades y evaluarlas según proceda. Por otro lado, los estudiantes tienen que aceptar la metodología y realizar las actividades o tareas encomendadas para casa. El escenario ideal es que los estudiantes estén listos para aplicar el conocimiento adquirido en su trabajo individual y emprender las actividades en el tiempo dedicado a ello en el aula (Syakdiyah, Wibawa y Muchtar, 2018). Además, es un requisito indispensable del método que los estudiantes dispongan en sus hogares de conexión a internet y de las herramientas necesarias para utilizar adecuadamente el material en línea. En este sentido, se debe asumir que puede haber fallos técnicos cuando se utiliza material en formato electrónico. Más allá de los posibles beneficios e inconvenientes postulados anteriormente, en recientes investigaciones con estudiantes universitarios (González *et al.*, 2017; Syakdiyah, Wibawa y Muchtar, 2018) y de educación secundaria (Fornouns y Palau, 2016; Molé y Monferrer, 2014) sobre el impacto del modelo de clase invertida en los resultados de aprendizaje, se ha encontrado una mejora significativa del mismo y una mejor percepción tanto hacia el contenido como hacia la metodología empleada. Martínez-Olvera, Esquivel-Gómez y Martínez (2014), a partir de una revisión de 10 estudios sobre el enfoque de clase invertida, señalan que si no se presenta una ganancia en cuanto al incremento del aprovechamiento escolar con respecto al aula tradicional, si que se reportan ventajas en términos de satisfacción de los estudiantes.

## Metodología

A tenor de las potenciales ventajas de una clase invertida y los recientes resultados publicados en la enseñanza de contenidos científicos, el propósito del presente trabajo era conocer y analizar la valoración de un grupo de estudiantes de primero de Bachillerato (Programa de Excelencia) tras ser instruido en el análisis y la identificación de sustancias mediante técnicas espectroscópicas, utilizando un enfoque de clase invertida. Por tanto, como se ha descrito en la introducción, el método implica que los fundamentos y contenidos más teóricos de espectroscopía y las técnicas espectroscópicas, que usualmente en un modelo de enseñanza tradicional son impartidos por el profesor, serán ahora atendidos fuera del horario escolar por el estudiante mediante alguna herramienta multimedia y con el debido soporte informático; mientras que aquellas actividades consideradas más prácticas, como la resolución de ejercicios, etc., se desarrollan en el aula a través de métodos interactivos de trabajo colaborativo (Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez y Martínez, 2014).

### *Caracterización de la muestra*

Un total de 36 estudiantes, 16 estudiantes de género masculino y 20 de género femenino, de primer curso de Bachillerato de un instituto de Educación Secundaria de un municipio de la zona sur de Madrid, pertenecientes al Programa de Excelencia, y edades comprendidas entre los 16 y 17 años, han participado en la intervención didáctica, diseñada con base en un modelo de clase invertida.

### *Actividades y material de trabajo para los estudiantes fuera del aula*

En un modelo de clase invertida el alumno debe realizar de forma autónoma y en su casa un trabajo previo a las actividades que se desarrollarán en el aula. Éstas van a implicar una mayor participación y exigencia cognitiva. La totalidad de los estudiantes declararon que disponían de un ordenador o algún dispositivo en su domicilio para acceder al material en línea. Esto es una condición necesaria pero no suficiente. Para que el estudiante pueda llevar a cabo correctamente su tarea, es esencial que el docente haga una selección o, en su defecto, crear el material necesario: presentaciones, mapas conceptuales, páginas web, videos, etc. En nuestro caso, el material que se elaboró para trabajar en casa la unidad didáctica *Análisis e Identificación de Sustancias*, consistió en una presentación en PowerPoint con la infografía e información necesaria para poder preparar los fundamentos teóricos necesarios para la comprensión de los contenidos (aprendizaje individual) que serían posteriormente aplicados en el aula (aprendizaje grupal). Alguna de las diapositivas incluía enlaces a videos de YouTube, previamente seleccionados, que tenían que ser visualizados obligatoriamente. El material estaba disponible en la página web del centro, asegurando así que todos los estudiantes pudieran acceder fácilmente a él y consultarlo tantas veces como fuera necesario. Debido a la alta motivación del grupo de estudiantes, objeto de la intervención didáctica, que cursan Bachillerato del Programa de Excelencia, no se consideró pertinente utilizar alguna aplicación informática como EdPuzzle (<https://edpuzzle.com/>) para asegurar el visionado de la presentación y de los videos. El trabajo en casa es crucial en el enfoque de clase invertida, por ello, con grupos de estudiantes donde se prevea una posible falta de interés la herramienta anteriormente señalada puede ayudar a monitorizar el trabajo fuera del aula (Peña y Muñoz, 2019).

### Actividades en el aula

Como se ha mencionado en la introducción, que los estudiantes, en su casa, simplemente lean unos apuntes o textos, vean un video o resuelvan algún problema adicional no es suficiente en una estrategia de clase invertida sino se emplea el tiempo de clase para realizar prácticas, dinámicas de grupo o cualquier otra metodología de aprendizaje activo que afiance los conceptos con los que el alumnado ya se ha familiarizado fuera del aula (Dafonte-Gómez, Míguez-González y Corbacho-Valencia, 2017). Por este motivo, en nuestro caso la mayor parte del tiempo de aula se ha dedicado a actividades de carácter experimental y a la resolución de ejercicios según la secuencia planificada indicada en la Tabla 1. El tiempo estimado para cada sesión fue de 50 minutos y las actividades en el aula se diseñaron teniendo en cuenta que los estudiantes habían trabajado previamente la presentación en PowerPoint comentada en el punto anterior.

Tabla 1. Planificación de la unidad didáctica.

Momento	Sesiones	Actividad
Inicio	1 <sup>a</sup>	Exposición de la metodología que se va a adoptar: preparación previa en casa y resolución de problemas en grupos de trabajo durante el tiempo de clase. Cuestionario inicial sobre fundamentos de espectroscopía.
	2 <sup>a</sup> y 3 <sup>a</sup>	Revisión de los fundamentos de las técnicas espectroscópicas y resolución de dudas. 1 <sup>a</sup> Actividad experimental: ensayo cualitativo de identificación de metales mediante coloración de la llama. 2 <sup>a</sup> Actividad experimental: construcción del espectroscopio y observación de los espectros a partir de diferentes fuentes de luz. Análisis de los resultados.
Desarrollo	4 <sup>a</sup> , 5 <sup>a</sup> , 6 <sup>a</sup> y 7 <sup>a</sup>	Esquema de los contenidos que se van a trabajar y resolución de ejercicios tipo para toda la clase. Resolución de ejercicios en grupo: - Espectroscopía de absorción atómica - Espectros IR - Espectros de masas
Cierre	8 <sup>a</sup>	Evaluación: Prueba escrita sobre los contenidos trabajados durante el desarrollo de la unidad didáctica (incluyendo diversos ejercicios)

### Resolución de ejercicios

Cuatro sesiones presenciales se invirtieron en la resolución de ejercicios. Se constituyeron equipos de 3 estudiantes y para asegurar la homogeneidad entre todos los grupos, al menos en cuanto a contenidos, los grupos de estudiantes se configuraron con base en las respuestas a un cuestionario inicial sobre fundamentos de espectroscopía, que se les entregó antes de comenzar la unidad didáctica. Para la resolución de los ejercicios en clase se siguió una estrategia basada en el aprendizaje colaborativo. Así, los alumnos resolvían el ejercicio en grupo y, a continuación, un representante del mismo escribía la solución en la pizarra que era comentada por toda la clase. No obstante, los ejercicios de supuesta mayor complejidad se resolvieron mediante el método “pasa el problema” (Barkley, Cross y Howell, 2007), citado en un trabajo de Durán-García y Durán-Aponte (2013). Para ello, se prepararon seis sobres y en cada uno de ellos se introdujo el enunciado del ejercicio. Se repartió un sobre a cada uno de los grupos. Durante un tiempo determinado, los estudiantes discutían la solución del ejercicio al que se enfrentaban. Una vez consensuada la solución, los alumnos sintetizaban toda la información y depositaban su solución escrita en el correspondiente sobre. Seguidamente, el sobre se intercambiaba con otro equipo, de manera que cada uno

de los grupos podía aportar su respuesta al ejercicio en cuestión. El procedimiento se repetía para que todos los equipos tuvieran acceso a todos los sobres disponibles y, por tanto, a todos los ejercicios propuestos. Una vez que todos los equipos habían aportado su solución a todos los ejercicios, se entregaba un sobre a cada uno de los equipos y, tras consultar y analizar todas las respuestas facilitadas a los problemas planteados, se elegía la más adecuada. La solución elegida por cada equipo se colocaba en el tablón de clase para su posterior consulta. Finalmente, un representante de cada equipo comentaba sus soluciones, las cuales eran discutidas críticamente por toda la clase.

En cuanto a los tipos de ejercicios en sí, se plantearon cuatro tipos de ejercicios en función de los contenidos que se querían trabajar: de introducción, de espectroscopía de absorción atómica, de absorción infrarroja (IR) y de espectrometría de masas, todos ellos recogidos de la literatura (Castro, Moreno y Simonet, 2012). En el Anexo 1 se puede consultar, a modo de ejemplo, un ejercicio de cada categoría trabajada. Los ejercicios de introducción perseguían clarificar algunos conceptos relacionados con el análisis químico. Los ejercicios relacionados con la espectroscopía de absorción atómica permitieron introducir aplicaciones comunes de esta técnica, a la vez que se familiarizaba a los estudiantes con el procedimiento de análisis cuantitativo. De este modo, y como parte del ejercicio, los alumnos debían construir una recta de calibrado y conocer los procesos de tratamiento de la muestra previos a la medida. Los siguientes ejercicios tenían como objetivo que los alumnos reconocieran en un espectro de IR la región de la huella dactilar, y que identificaran las bandas características de los principales grupos funcionales. Asimismo, también se pretendía que los alumnos supieran deducir la fórmula molecular y la posible estructura del compuesto problema a partir de la masa molecular y de las bandas observadas en el espectro. Por otro lado, se procuraba que los alumnos también manejaran con soltura las tablas necesarias para la identificación de las bandas y el análisis de los espectros registrados, que fueron proporcionadas al principio de la intervención didáctica. Por último, se plantearon una serie de ejercicios destinados a trabajar conceptos relacionados con la espectrometría de masas (MS). En concreto, se buscaba que los estudiantes identificaran el ión molecular, el pico base y la zona de los iones fragmentos, y que fueran capaces de obtener la masa molecular de los compuestos a través de sus correspondientes espectros de masas. Para ello, y de forma análoga a los espectros de IR, resultó esencial manejar correctamente las tablas de datos de MS.

### *Experimentación en espectroscopía*

Según Oliva y Acevedo (2005), no es posible concebir una educación científica completa sin la incorporación de cierta experimentación. Ahora bien, como se ha mencionado previamente, esta experimentación siguiendo un enfoque de clase invertida se debe plantear para fomentar un aprendizaje grupal dinámico y activo. En consecuencia, además de la resolución de ejercicios, se incluyeron en la unidad didáctica experimentos de identificación de metales basados en ensayos de coloración de la llama y la construcción de un espectroscopio casero. Según Insausti (2000), los conocimientos se deben adquirir mediante actividades lo más afines posibles con las tareas científicas que permitieron acceder a los conocimientos que se trabajan durante la consecución de la unidad didáctica. En este sentido, como actividad inicial y después de una introducción al tema *Análisis e Identificación de Sustancias*, se llevó a cabo, en el aula, un ensayo cualitativo para la identificación de distintos metales basado en la técnica analítica de emisión atómica. En

esta actividad los alumnos, sin ser conscientes de la identidad de la sustancia en cuestión, observaron las distintas coloraciones que producían en la llama diferentes sales de elementos metálicos: cloruro de sodio, cloruro de litio, cloruro de potasio, cloruro de bario y una sal procedente del ácido bórico. A continuación, registraban en una tabla los colores que producía cada sal metálica en la llama e intentaban relacionarlos, con ayuda de bibliografía específica, con los metales que producían dicha coloración. De esta manera, y a través del color de la llama observada, que es función del espectro de emisión característico de cada elemento, los alumnos podían identificar sustancias desconocidas, muy acorde con el tema que se quería introducir. A tenor de esta actividad se comenzó a reforzar el concepto de espectroscopía y la diferencia entre análisis cualitativo y cuantitativo.

El siguiente trabajo experimental, la construcción de un espectroscopio casero, implicó un nivel de operatividad mayor por parte de los alumnos, y para su elaboración en equipo, a partir de materiales que los alumnos pueden conseguir fácilmente, se eligió el modelo de Wakabayashi (2006). El principal objetivo de esta actividad era que los estudiantes de cada equipo, una vez construido el espectroscopio en colaboración con todos los miembros de su equipo, pudieran observar espectros a partir de diferentes fuentes de luz e identificar las correspondientes líneas espectrales. Se elaboró un documento informativo para los alumnos con el fin de que revisaran en su casa los conceptos teóricos necesarios para la actividad práctica que, siguiendo el método de clase invertida, se realizaría en equipo (los mismos equipos que habían trabajado previamente en la resolución de los problemas de clase). Así, una vez en el aula, en primer lugar, se discutió los componentes que debía de tener el espectroscopio y después se procedió a su montaje según el plano especificado en el artículo de Wakabayashi. En el Anexo 2 se indica el material e instrucciones seguidas para su montaje. Una vez que todos los equipos tenían su espectroscopio, ver Figura 1a, y a partir de una lámpara LED de escritorio como fuente de luz, se discutió con ellos el modo en el que debían colocar el espectroscopio para observar los espectros y si lo observado a través del espectroscopio era un espectro o simplemente el reflejo que proporcionaba el elemento difractante (el disco compacto utilizado en el montaje del espectroscopio, ver Anexo 2). Asimismo, se compararon los espectros que se obtuvieron de otras fuentes de luz, como el sol y una linterna comercial. Éstos fueron discutidos, se evaluaron las diferencias que podían apreciarse y se completó una tabla (ver Tabla 2) como la que se ilustra de ejemplo de un equipo de estudiantes. La Figura 1b muestra también, a modo de ejemplo, uno de los espectros obtenidos.

Tabla 2. Práctica con el espectroscopio: ejemplo de tabla completada por un equipo.

Fuente de luz	Tipo de espectro: Continuo/Discontinuo	Líneas espectrales
Luz solar	Continuo	No hay
Lámpara de escritorio (LED)	Discontinuo	Rojo, amarillo, verde y azul
Linterna (LED)	Discontinuo	Menos colores que con la lámpara y más oscuros (rojo y azul)

### Valoración de los estudiantes

Para conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes respecto al desarrollo de la unidad didáctica, se empleó un cuestionario, que se puede consultar en el Anexo 3 del presente artículo. No solamente se quería conocer la valoración de estos alumnos hacia el desarrollo de unos contenidos con una metodología de clase invertida, sino que también se pretendía indagar sobre su estado emocional y su preferencia a trabajar en grupo o individualmente.

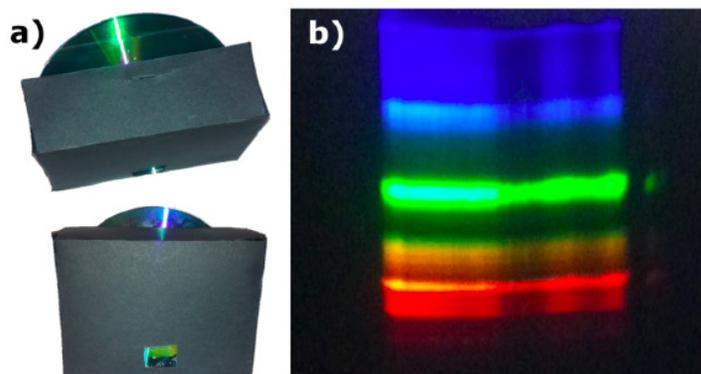


Figura 1. Espectroscopio construido en clase (a) y espectro obtenido (b).

La encuesta se diseñó a partir de la literatura (Shibley y Zimmar, 2002; Richter-Egger, Hagen, Laquer, Grandgenett y Duncan, 2010; Priest, Pyke y Williamson, 2014) y está compuesta de 9 ítems con cinco niveles de respuesta: totalmente en desacuerdo (1), en desacuerdo (2), indecisión (3), de acuerdo (4), totalmente de acuerdo (5). Por tanto, a mayor puntuación la valoración sería más positiva y favorable. Sin embargo, aunque la escala Likert es muy utilizada para poder analizar datos de manera cuantitativa, también presenta una serie de limitaciones como, por ejemplo, el hecho de considerar que todos los ítems miden con la misma intensidad lo que se desea medir o que no permite obtener una medida exacta de la valoración hacia un tema concreto, sino que sólo permite conocer si la valoración hacia cierta aseveración es o no favorable (Cañadas y Sánchez, 1998). Por tanto, para obtener más información, se plantearon varias preguntas abiertas: ¿Qué es lo que más te ha gustado? ¿Y lo que menos? ¿Qué mejorarías o cambiarías? Finalmente, se incluyó una lista de adjetivos, adaptada de la literatura (Galloway, Malakpa, y Lowery, 2016), de tal manera que los estudiantes tuvieran que señalar con un círculo aquellos que describiesen mejor su experiencia personal durante el desarrollo de la unidad, siguiendo un enfoque de clase invertida y, por tanto, teniendo en cuenta las fases de trabajo en casa (aprendizaje individual) y trabajo en el aula (aprendizaje grupal), y tachar aquellos otros que no la hubieran descrito. En la Figura 2 se ilustran los porcentajes de respuesta obtenidos para todos los ítems del cuestionario.

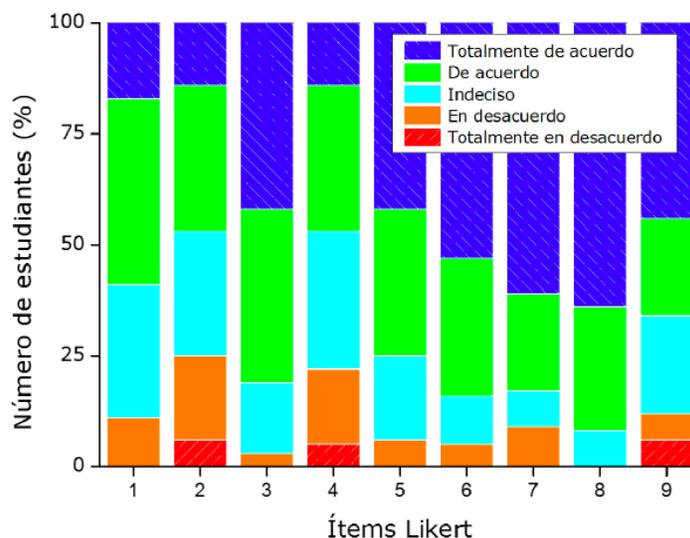


Figura 2. Grado de acuerdo o desacuerdo para cada pregunta del cuestionario.

Los cuatro primeros ítems, ver Anexo 3, se corresponden con el enfoque de clase invertida. Analizando los porcentajes, un 59% de los estudiantes están de acuerdo o totalmente de acuerdo en que con el nuevo enfoque han aprendido más, mientras que un 11% parece estar en desacuerdo con ello. Sin embargo, el número de alumnos indecisos se podría considerar ligeramente elevado, un 30%. Las respuestas obtenidas para el ítem 2 indican que un 47% de los estudiantes han tenido que trabajar más con este enfoque, mientras que un 25% no está de acuerdo con dicha afirmación y un 28% se encuentran indecisos. Las respuestas al ítem 3 permiten valorar la utilidad del material didáctico elaborado para preparar la parte teórica fuera del aula. Un 81% ha valorado positivamente el material, un 3% no lo ha considerado útil y un 3% está indeciso. Por otro lado, respecto a las respuestas correspondientes al ítem 4, un 47% de los alumnos estaría dispuesto a aplicar el enfoque de clase invertida a otros contenidos y/o asignaturas, frente a un 22% que han otorgado una respuesta negativa a esta propuesta y en torno a un 31% de indecisos. En cuanto a los ítems que permiten valorar las actividades experimentales, número 5 y 6, incluida la del espectroscopio casero, un 75% de los estudiantes consideran estas actividades interesantes, y a un 84% incluso les han ayudado a entender mejor los contenidos teóricos. El hecho de que este segundo valor sea superior al primero se puede deber a que alguno de los alumnos que ante el ítem 5 se encontraba indeciso, pues ni le había gustado ni disgustado el trabajo experimental, sí han considerado que estas actividades le han servido para comprender mejor los fundamentos teóricos que se estaban trabajando. En ambos casos, el porcentaje de alumnos que otorgan un valor negativo a los ítems 5 y 6 es relativamente bajo, un 6% y un 5% respectivamente.

Finalmente, respecto al trabajo en equipo, ítems 7, 8 y 9, el 83% de los estudiantes dicen estar de acuerdo o totalmente de acuerdo en que les gusta más trabajar los contenidos en un entorno colaborativo. Es más, este porcentaje aumenta a un 92% cuando se les pregunta sobre si las actividades realizadas grupalmente les han parecido más sencillas. A pesar de que este porcentaje disminuye a un 66% cuando se les plantea si trabajando los contenidos de esta manera se aprende más, la valoración global de emplear estrategias de aprendizaje cooperativo es muy positiva. En cuanto a las preguntas abiertas, referidas al desarrollo global de la unidad didáctica, sobre lo que más les ha gustado y lo que menos, hay una mayoría que considera muy positivamente las actividades experimentales, trabajar en grupo y el funcionamiento general de la clase. Ésto estaría de acuerdo con la literatura donde se indica que el enfoque de clase invertida parece más efectivo que un método tradicional para promover un aprendizaje activo en el tiempo de clase presencial (Montalbano y Marinelli, 2019). En cuanto a lo más negativo, destacan el tener que preparar la parte teórica en casa. En un principio, esto se podría deber a que el material diseñado ex profeso para trabajar en casa no era lo suficientemente atractivo y motivador para los estudiantes y de ahí esa connotación negativa sobre la preparación de los fundamentos teóricos por ellos mismos. Sin embargo, como ya se ha puntualizado, el 81% de los alumnos ha valorado positivamente dicho material. De hecho, en relación a qué cambiarían o mejorarían, las respuestas incluidas en la tabla 3 son un buen ejemplo de la percepción de los estudiantes, puesto que no se menciona nada respecto el material utilizado tanto en el aula como fuera de ella. No obstante, Montalbano y Marinelli (2019) remarcan que los estudiantes pueden no tomarse en serio el trabajo previo y para ello es fundamental elegir cuidadosamente el material de trabajo en casa para estimularles y para que se impliquen con la metodología. Convendría seguir las indicaciones de Bergmann y Sams (2012, 2014) citadas por Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez y Martínez (2014) e invertir un tiempo en

la fase de inicio de la unidad didáctica (ver Tabla 1) para “dar a conocer a los estudiantes en qué consiste el modelo, la estructura de clase, los contenidos...”, incluso “entrenar a los alumnos sobre la forma adecuada de visualizar los recursos”. En el trabajo que se presenta, teniendo en cuenta el tiempo disponible, quizás no se haya dedicado más tiempo al entrenamiento de los estudiantes y ello ha podido afectar para que un 41% de estudiantes (incluye a los estudiantes que no están de acuerdo e indecisos sobre un efecto positivo del nuevo enfoque en su aprendizaje) no haya valorado positivamente la metodología. De hecho, Findlay-Thompson y Mombourquette (2014), citados por Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez y Martínez (2014), llegan a una reflexión similar en un trabajo donde se comparó un modelo tradicional versus un modelo de clase invertida en un curso de negocios para universitarios con 106 participantes.

Tabla 3. Ejemplos de respuestas a las preguntas abiertas sobre la unidad didáctica.

¿Qué es lo que más te ha gustado?	¿Qué mejorarías o cambiarías?
<p>“Lo que más ha sido ver el espectro con el espectroscopio casero ya que no sabía que se podía obtener tan sencillamente”</p> <p>“Me ha gustado el funcionamiento de las clases, porque se hacían amenas y no muy pesadas”</p>	<p>“Cambiaría o mejoraría el tiempo que hemos tenido para realizar las actividades”</p> <p>“Tener un poco más de tiempo para enterarnos mejor de los conceptos en clase”</p> <p>“Que no hubiese examen, sino, que hiciésemos más ejercicios en clase”</p> <p>“Que no hubiera un examen y que fuese todo más experimental”</p> <p>“Creo que está todo bien, pero haría más experimentos”</p> <p>“Creo que sería mejor dividir la clase en teoría y práctica de un modo más claro, pero no ver la teoría a través de la práctica”.</p>

Además de las preguntas abiertas, se añadió una última parte al cuestionario sobre la parte afectiva ligada al desarrollo de la unidad didáctica. En la Figura 3, se muestra un diagrama donde se recoge la frecuencia de los adjetivos que los alumnos rodearon, tacharon o que no escogieron para describir la experiencia de la clase invertida. La media de adjetivos que han sido seleccionados por cada estudiante ha sido 9, con un mínimo de 4 adjetivos y con un máximo de 15. La media de adjetivos que han sido rodeados por cada estudiante coincide con la de adjetivos que han sido tachados, en ambos casos 5. En la Figura 3 se observa que los adjetivos que mayor número de veces fueron rodeados son: activo, motivado, interesado, cómodo, creativo y satisfecho; donde el adjetivo que ha sido elegido con mayor frecuencia es activo. El adjetivo confundido también es el más repetido y está de acuerdo con algunas de las respuestas a las preguntas abiertas anteriormente citadas, como diferenciar mejor la teoría de la práctica, incluso darle más peso a la teoría en clase. Estrictamente, lo que persigue el modelo de clase invertida es aumentar la interacción alumno-alumno y alumno-profesor gracias a un incremento de las actividades en detrimento de las exposiciones magistrales. Por otra parte, hay alumnos que se han sentido confundidos, y ello estaría de acuerdo con los resultados descritos por Baepler (2004). Según este autor, un alto porcentaje de alumnos se muestran desconcertados ante la metodología de clase invertida, incluso aunque se obtengan mejores resultados en las evaluaciones. Además, es interesante reseñar que los estudiantes que han seguido la instrucción en técnicas de análisis espectroscópico, mediante un enfoque de clase invertida, son alumnos especialmente motivados en aprender. En este sentido, sin una motivación adecuada o simplemente si el estudiante no percibe un beneficio, puede ser reactivo a un

cambio en su “rutina” de trabajo (Pienta, 2016). Nuestro estudio no es el caso, puesto que los adjetivos que se han tachado con mayor frecuencia de la lista proporcionada (ver Anexo 3), es decir, aquellos que no describen la experiencia didáctica vivida, son aburrido, preocupado o frustrado. Por lo tanto, existe una coherencia con los adjetivos que han sido rodeados un mayor número de veces, que indican claramente que la experiencia ha sido positiva desde el punto de vista del estudiante (del Programa de Excelencia).

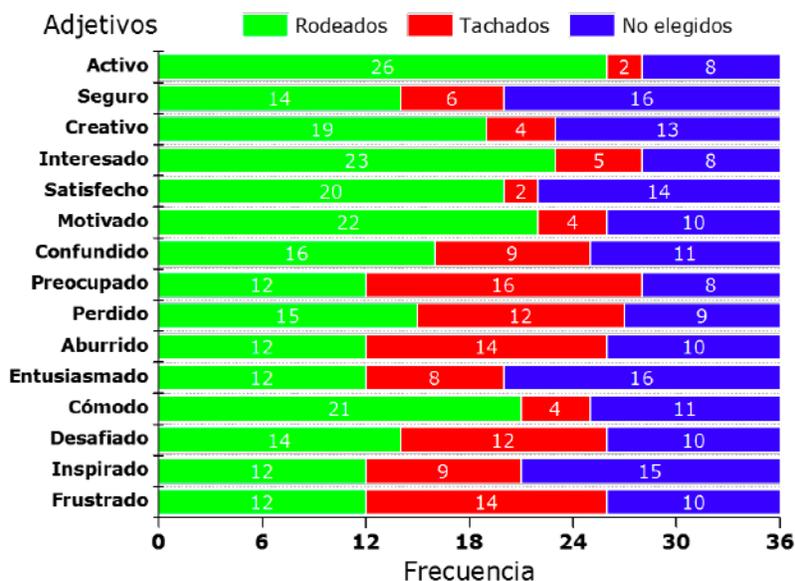


Figura 3. Frecuencia de los adjetivos seleccionados por los estudiantes.

En la tabla 4 se especifica por un lado el número de veces que se han rodeado y tachado los adjetivos “positivos”: activo, seguro, creativo, interesado, satisfecho, motivado, entusiasmado, cómodo, desafiado e inspirado y, por otro, lo mismo, pero con los adjetivos “negativos”: confundido, preocupado, perdido, aburrido y frustrado. Por tanto, los estudiantes rodean más adjetivos positivos de los que tachan. Sin embargo, en el caso de los “negativos” no hay diferencias apreciables entre los rodeados y los tachados. De este modo se puede concluir que, aunque la experiencia es valorada positivamente, se ha generado también cierta preocupación y confusión en los estudiantes.

Tabla 4. Frecuencia de los adjetivos que han sido rodeados o tachados.

Adjetivos	Rodeados	Tachados
Positivos	183	53
Negativos	67	65

Los resultados mostrados anteriormente estarían de acuerdo, además, con los publicados por Jeong y colaboradores (2016), en cuanto que los estudiantes muestran una percepción general positiva respecto al nuevo método. Así, González y colaboradores (2017) describen en su investigación que los alumnos consiguen mejores resultados en su evaluación. Sin embargo, la muestra de estudiantes sometidos a la intervención didáctica, al igual que la que se ha utilizado en el presente trabajo son, en principio, estudiantes “motivados”, los primeros, posiblemente, por un claro interés en su formación como futuros docentes y, los segundos, por su nivel propio de exigencia académica. Pero, ¿y si no estuvieran tan motivados? Aunque contestar a esta pregunta es objeto de futuros trabajos, a efectos meramente exploratorios, se adaptaron las mismas actividades experimentales

de espectroscopía para un grupo de estudiantes de diversificación de 4° de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), que es un nivel educativo anterior al Bachillerato, del mismo centro que los estudiantes objeto del presente trabajo. Al igual que existe un programa para estudiantes "excelentes", hay un programa dirigido a estudiantes de 3° y 4° de ESO con dificultades generalizadas de aprendizaje. Los alumnos de cuarto cursaban la asignatura de *Ámbito Científico Tecnológico*, que se impartía sin emplear un enfoque de clase invertida. De esta forma, los conceptos teóricos necesarios para el taller fueron necesariamente trabajados en su totalidad en clase, sin ningún trabajo previo de los alumnos fuera del aula. A nivel operativo, los estudiantes de cuarto mostraron serias dificultades en la fase de construcción del espectroscopio y su interés distaba en gran medida con la manifestada por los alumnos del Programa de Excelencia. Sin embargo, cuando los estudiantes de 4° de ESO consiguieron, finalmente, construir el espectroscopio y observar los "colores" (espectros), cambiaron de actitud, según la percepción de los docentes, llegando a mostrar una mayor predisposición a aprender.

De acuerdo con Jeong, González-Gómez y Cañada-Cañada (2016), los estudiantes dan mucha importancia a las actividades interactivas o colaborativas durante el tiempo presencial de clase. Luego quizás, la clave del supuesto éxito del enfoque de clase invertida, en las asignaturas de ciencias, recae en disponer de más tiempo para la realización de actividades y experimentos, siempre y cuando estos sean lo suficientemente atractivos para los alumnos y el profesor cree la atmósfera adecuada para fomentar el debate y la discusión, teniendo presente, que se puede generar cierta confusión y preocupación en los estudiantes si no están acostumbrados al nuevo enfoque. En este sentido, sería interesante investigar, especialmente fuera del ámbito universitario, como evitar la anterior "desorientación" por parte de los estudiantes y maximizar el aprendizaje cooperativo y/o colaborativo en el enfoque de clase invertida, que es lo mejor valorado por ellos. Por añadidura, habría que estudiar la potencial relación de este enfoque con otras estrategias docentes. No en vano, el fin, que es mejorar la educación química de nuestros alumnos, justificaría los medios.

## Conclusiones

Considerando las respuestas de los alumnos a la encuesta de valoración planteada, se puede concluir que, tanto el modelo de clase invertida, como la inclusión de actividades experimentales han tenido una buena acogida por parte del alumnado que ha sido objeto del presente trabajo. Asimismo, la dinámica de trabajo en equipo ha resultado positiva. Por otro lado, las respuestas a las preguntas abiertas y los adjetivos que fueron seleccionados por los alumnos para calificar su experiencia, muestran que se han sentido activos, motivados, cómodos y satisfechos. Activos porque la parte más pasiva del aprendizaje se destina a las tareas que los alumnos deben llevar a cabo en su casa, dejando para las clases presenciales aquellas actividades que fomentan más la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor. Motivados, porque gracias al trabajo experimental que se ha llevado a cabo ven una utilidad a lo que estudian y lo que hacen en clase. Cómodos, seguramente, porque respecto a la parte de fundamentos teóricos, que se ha trabajado en casa, los estudiantes han podido elegir su propio ritmo de aprendizaje. Y con el adjetivo satisfecho se recompensa el esfuerzo extra del docente, puesto que la elaboración y/o selección del material para el trabajo de los estudiantes fuera del aula es una de las tareas más laboriosas pero, a su vez, de vital importancia para aplicar con éxito la estrategia de clase invertida. No obstante, también los estudiantes han puesto de manifiesto, a través de la encuesta, que se genera

una cierta preocupación y confusión con el nuevo enfoque, posiblemente debido a ser la primera vez que trabajan en clase invertida. Sí ha quedado patente, como se señala en la literatura, que las actividades de carácter experimental y en ambiente colaborativo, generan un ambiente propenso para el aprendizaje de los contenidos científicos. Finalmente, incidir que el ánimo de este trabajo es compartir la experiencia didáctica sobre espectroscopía, aplicando un enfoque de clase invertida, con los docentes e investigadores involucrados en la búsqueda de nuevos enfoques y estrategias para la enseñanza-aprendizaje de la química.

## Referencias

- Baepler, P., Walker, J. D., and Driessen, M. (2014). It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms. *Computers & Education*, 78, 227-236.
- Barkley, E., Cross, K. Y Howel, C. (2007). *Técnicas de Aprendizaje Colaborativo*. Madrid: Ediciones Morata.
- Bergmann, J., and Sams, A. (2009). Remixing chemistry class. *Learning & Leading With Technology*, December-January 2008-09, 36(4), 22-27.
- Cañadas, I., y Sánchez, A. (1998). Categorías de respuestas en escalas tipo Likert. *Psicothema*, 10(3), 621-623.
- Castro, A. R., Moreno, M. C., Simonet, B. M. (2012). *Técnicas espectroscópicas en química analítica. Volumen I. Aspectos básicos y espectrometría molecular*. Madrid: Síntesis, S.A.
- Castro, A. R., Moreno, M. C., Simonet, B. M. (2012). *Técnicas espectroscópicas en química analítica. Volumen II. Espectrometría atómica de iones y electrones*. Madrid: Síntesis, S.A.
- Dafonte-Gómez, A. Míguez-González, M. I., y Corbacho-Valencia, J. M. (2017). *La investigación internacional sobre flipped learning en revistas académicas. Estado de la cuestión*. Trabajo presentado en el III Congreso Internacional de Educación Mediática y Competencia Digital de 2017.
- Durán-García, M. E., y Durán-Aponte, A. A. (2013). La termodinámica en los estudiantes de tecnología: una experiencia de aprendizaje cooperativo. *Enseñanza de las ciencias*, 31, 45-59.
- Flipped Learning Network (FLN). The Four Pillars of F-L-I-P™, 2014, consultada en marzo 19, 2020, en la URL [www.flippedlearning.org/definition](http://www.flippedlearning.org/definition)
- Fornons, V., Palau, R. F. (2016). Flipped classroom en la asignatura de matemáticas de 3 de educación secundaria obligatoria. *EduTec-e. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 55, consultada en enero 4, 2019, en la URL <http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/284>
- Fulton, K. (2012). Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning. *Learning & Leading with Technology*, 39(8), 12-17.
- Galloway, K.R., Malakpa, Z., y Lowery, S. (2016). Investigating affective experiences in the undergraduate chemistry laboratory: student's perceptions of control and responsibility. *Journal of Chemical Education*, 93, 227-238.
- González Gómez, D., Jeong, J. S., Cañada Cañada, F., y Gallego Picó, A. (2017). La enseñanza de contenidos científicos a través de un modelo “Flipped”: Propuesta de instrucción para estudiantes del Grado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.2, 71-87.

- Gutierrez Goncet, R., Marco Stiefel, B., Olivares Jimenez, E., y Serrano Gisbert, T. (1990). Enseñanza de las ciencias en la educación intermedia. Editorial: Ediciones Rialp, Madrid, 1990.
- Hibbard, L., Sung, S., and Wells, B. (2016). Examining the Effectiveness of a Semi-Self-Paced Flipped Learning Format in a College General Chemistry Sequence. *Journal of Chemical Education*, 93, 24–30.
- Insausti, M.J. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 93-119.
- Jeong, J. S., González-Gómez, D., Cañada-Cañada, F. (2016). Students' perceptions and emotions toward learning in a flipped general science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 747-758.
- Jordán, C., Pérez, M. J., y Sanabria, E. (2014). Investigación del impacto en un aula de matemáticas al utilizar flip education. *Experiencias docentes*, 4(2), 9-22.
- Martínez-Olvera, Esquivel-Gámez y Martínez (2014). Aula Invertida o Modelo Invertido de Aprendizaje: Origen, Sustento e Implicaciones, en Esquivel Gámez, I. (Coordinador), *Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*. México: Editorial Lulu.
- Molés Bort, J. y Monferrer Pons, L. (2014). Flipped Classroom al laboratori. *Ciències: revista del professorat de ciències de primària i secundària*, 27, consultado en enero 4, 2019, en la URL <http://www.raco.cat/index.php/Ciencies/article/view/275746>
- Montalbano, V. y Marinelli, C. (2019). A flipped-classroom pilot in a spectroscopy course for undergraduates. *Journal of Physics: Conference Series* 1286 012017, consultado en marzo, 19, 2020, en la URL <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1286/1/012017>
- Oliva, J. M., y Acevedo, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 241-250.
- Peña Martínez, J. y Muñoz Muñoz, A. Revisión de las reglas básicas de seguridad en el laboratorio usando EdPuzzle. Trabajo presentado en el I Congreso Virtual Internacional de Innovación Docente Universitaria, Córdoba (España) en 2018.
- Pienta, N. J. (2016). A “Flipped Classroom” Reality Check. *Journal of Chemical Education*, 93, 1-2.
- Priest, S. J., Pyke, S. M., and Williamson, N. M. (2014). Student perceptions of chemistry experiments with different technological interfaces: a comparative study. *Journal of Chemical Education*, 91(11), 1787-1795.
- Ryan, M. D., and Reid, S. A. (2016). Impact of the Flipped Classroom on Student Performance and Retention: A Parallel Controlled Study in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 93, 13–23.
- Richter-Egger, D. L., Hagen, J. P., Laquer F. C., Grandgenett, N. F., and Duncan Shuster, R. (2010). Improving student attitudes about science by integrating research into the introductory chemistry laboratory: interdisciplinary drinking water analysis. *Journal of Chemical Education*, 87(8), 862-867.
- Roehl, A. (2013). Bridging the field trip gap: Integrating webbased video as teaching and learning partner in interior design education. *Journal of Family & Consumer Sciences*, 105(1), 42-46.

- Shibley, I. A., and Zimmar, D. M. (2002). The Influence of Collaborative Learning on Student Attitudes and Performance in an Introductory Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education* 79(6), 745-748.
- Syakdiyah, H., Wibawa, B., Muchtar, H. (2018). The effectiveness of flipped classroom in high school Chemistry Education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 434 012098, consultado en marzo, 19, 2020, en la URL <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/434/1/012098>
- Vaughan M. (2014). Flipping the Learning: An Investigation into the use of the Flipped Classroom Model in an Introductory Teaching Course. *Education Research and Perspective*, 41, 25-41.
- Wakabayasi, F. (2006). A DVD Spectroscope: A Simple, High-Resolution Classroom Spectroscope. *Journal of Chemical Education*, 83(1), 56-58.

## Anexo 1. Ejemplos de ejercicios propuestos a los estudiantes

De introducción:

¿Qué tres tipos de análisis hay en función de su finalidad? ¿Qué los diferencia?

De espectroscopía de absorción atómica:

Un fabricante de automóviles encarga a un laboratorio el análisis de magnesio de un material que ha adquirido para la fabricación de llantas. El análisis llevado a cabo por el laboratorio consta de una serie de pasos previos que terminan con la dilución (factor de dilución 0,5) de la muestra y su medida. La absorbancia medida fue de 0,345. Los datos del calibrado proporcionaron la siguiente ecuación:  $y$  (u.a.) =  $0,160x$  (mg/l) + 0,008

a) Teniendo en cuenta que la muestra inicial era sólida. ¿Qué tratamiento se tuvo que aplicar antes de su disolución?

b) ¿Cuál es la concentración de magnesio en mg/l en el material analizado?

De espectroscopía de absorción infrarroja:

Se muestra el espectro IR de un compuesto que tiene C, O y H y cuyo peso molecular es de 88 g/mol.

a) Indica la región de la huella dactilar e identifica las principales bandas.

b) ¿Qué fórmula molecular tiene?

c) ¿De qué compuesto se trata? ¿Cuál puede ser su estructura?

De espectrometría de masas:

Se muestra un espectro de masas de un compuesto que tiene C, H y halógeno. ¿Qué información puede extraerse? ¿Qué fórmula, peso molecular y estructura tiene? ¿Qué pérdidas y fragmentaciones puedes identificar?

## Anexo 2. Montaje del espectroscopio

### Introducción

El espectroscopio casero está compuesto por una rendija, que será la entrada de la fuente de luz, una ventana dónde se podrán observar los espectros y un disco compacto (conocido popularmente como CD por las siglas en inglés de Compact Disc), que se comportará como red de difracción.

### Material necesario

Un CD, una cartulina DIN A4 oscura, pegamento, tijeras, cúter y regla.

### Procedimiento

Se proporciona a cada equipo un plano del mismo (Wakabayashi, 2006), donde todas las medidas están especificadas en milímetros.

Se copia el plano en una cartulina, se recorta y con ayuda de un cúter se elabora la rendija de entrada, la ventana y el orificio de colocación del CD. Seguidamente se pliega por la línea de puntos y se pega. Se introduce el CD y se coloca el espectroscopio hacia la fuente de luz para la observación de los espectros.

### Precauciones

Nunca se debe orientar el espectroscopio directamente al sol ya que la retina del observador podría quedar dañada.

## Anexo 3. Cuestionario de satisfacción

Por favor, lee atentamente cada frase y marca la casilla que expresa tu grado de acuerdo o desacuerdo con respecto a las afirmaciones que se muestran a continuación

(1: Totalmente en desacuerdo; 2: En desacuerdo; 3: Indecisión; 4: De acuerdo; 5: Totalmente de acuerdo):

Metodología: “Flipped classroom”

1. Considero que con esta metodología he aprendido más.
2. Considero que con esta metodología he tenido que trabajar más.
3. El material proporcionado para el desarrollo de las clases te ha parecido útil.
4. Me gustaría trabajar más contenidos utilizando esta metodología.

Actividades y trabajo en grupo

1. El taller de espectroscopía me ha parecido interesante.
2. El taller de espectroscopía me ha ayudado a comprender mejor los contenidos relacionados con la técnica.
3. Me gusta realizar las actividades en grupo.
4. Los ejercicios me parecen más sencillos cuando los resuelvo en grupo.
5. Aprendo más cuando resuelvo los ejercicios en grupo que cuando los resuelvo solo.

Preguntas abiertas

¿Qué es lo que más te ha gustado? ¿Y lo que menos? ¿Qué mejorarías o cambiarías?

Para terminar, señala con un círculo todas aquellas palabras que describen mejor tu experiencia personal en el desarrollo de la unidad “Análisis e identificación de sustancias”, y tacha aquellas otras palabras que no describen dicha experiencia.

Activo	Motivado	Entusiasmado
Seguro	Confundido	Cómodo
Creativo	Preocupado	Desafiado
Interesado	Perdido	Inspirado
Satisfecho	Aburrido	Frustrado