



ISSN: 1697-7378

Revista Digital EducaMadrid



Revista Digital (/web/revista-digital) / Experiencias (https://www.educa2.madrid.org/web/revista-...

IES Vicente Aleixandre de Pinto. Cromatografía de gases: una experiencia de simulación por ordenador

[Editar](#)

Revista Digital Educamadrid

Fecha de publicación 17 de noviembre de 2018

Resumen

En el IES Vicente Aleixandre de Pinto (Madrid), se ha llevado a cabo una experiencia didáctica, con un simulador de cromatografía de gases de acceso gratuito, en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Laboratorio de análisis y control de calidad. En este artículo se describe cómo se trabajaron distintos aspectos teóricos de la cromatografía de gases de una manera práctica y amena, a la vez que se fomentaba la adquisición de una mayor competencia digital.

Experiencias

Nivel. Formación
Profesional

Autores

**Raquel Triguero
Martínez, José Luis
LLorente Llorente**,
Juan Peña Martínez,
Alberto Muñoz
Muñoz y Noelia
Rosales Conrado***

Departamento de Didáctica
de las Ciencias
Experimentales, Ciencias
Sociales y Matemáticas y
Departamento de Química
Analítica* (Universidad
Complutense de Madrid) e
IES Vicente Alexaindre
(Pinto)**



1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA EXPERIENCIA

En el IES Vicente Aleixandre de Pinto (Madrid), en el módulo de Análisis instrumental del segundo curso del Ciclo Formativo de Grado Superior de Laboratorio de análisis y control de calidad, se imparte una unidad didáctica sobre cromatografía [1], dirigida a la enseñanza de técnicas instrumentales analíticas como la cromatografía de gases (GC) [2] y la cromatografía de líquidos (high performance liquid chromatography, HPLC) [3]. Sin embargo, por el momento, solamente es posible la experimentación con el segundo tipo de cromatografía (HPLC). Ahora bien, ¿por qué no implementar la práctica experimental que sí se hace de HPLC junto con otra virtual de GC? De esta manera, por un lado, los estudiantes podrían tener una mejor percepción sobre las particularidades de ambos tipos de técnicas cromatográficas, y por otro lado, el uso de un simulador virtual de cromatografía, además de trabajar competencias clave como la competencia digital, la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, puede ser un elemento innovador para romper el esquema tradicional y la monotonía del alumno, e incidir en despertar la curiosidad de los estudiantes para mejorar su aprendizaje (Mora, 2015).

1.1 La cromatografía de gases mediante su simulación por ordenador

La simulación por ordenador aparece en las aulas a finales de la década de los ochenta, principalmente en la enseñanza de física y química, gracias al desarrollo de aplicaciones informáticas basadas en el uso de programas interactivos con datos reales (Capuano, 2011). En un principio, el recurso se planteaba como un complemento a las prácticas tradicionales para abordar problemáticas y aspectos no asequibles fácilmente, bien por requerir un tiempo excesivo para su realización presencial o bien por implicar el uso de equipos instrumentales no disponibles. En nuestro caso, mediante el simulador adecuado de GC, los alumnos podrían ir variando de forma activa las condiciones de separación cromatográfica, como por ejemplo la temperatura, la naturaleza del gas utilizado como fase móvil o las características de la columna (longitud, diámetro interno, etc.), a la vez, que observan los efectos de dicho factores sobre parámetros analíticos como el tiempo de retención, la anchura de pico cromatográfico y la resolución entre picos y, en definitiva, la diferencia entre los distintos cromatogramas [4] registrados. De esta manera, un tema basado únicamente en contenidos conceptuales, a través de la simulación por ordenador, puede convertirse en una actividad estimulante y enriquecedora que fomente el aprendizaje del alumno, y le ayude a entender

mejor los principios básicos de esta técnica de separación.

2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

2.1 Elección del simulador.

Aunque existen diferentes alternativas, tanto para HPLC como GC, en cuanto a programas educativos de cromatografía (Stone, 2007), en la experiencia que se llevó a cabo en el IES Vicente Aleixandre se seleccionó el programa “GC simulator” (Boswell, 2014) que es gratuito y además fácil de instalar y compatible con los ordenadores disponibles en el centro. El único requisito técnico necesario es tener instalado la última versión de Java.

2.2 Instrucción previa

Antes de realizar la práctica virtual, los 17 estudiantes participantes habían sido instruidos con tres horas de clases teóricas sobre cromatografía de gases, como parte de la unidad didáctica principal de cromatografía. En la práctica virtual, por tanto, se han aplicado los fundamentos teóricos adquiridos en las sesiones teóricas impartidas en el aula de una forma más gráfica, innovadora y activa, reflexionando y discutiendo críticamente por qué aparece un cromatograma distinto cada vez que se modifica, por ejemplo, la temperatura o el diámetro de la columna utilizada para la separación de los diferentes compuestos.

2.3 Diseño de las actividades

Las actividades se han diseñado teniendo en cuenta que el simulador elegido (ver punto 2.1) permite modificar diferentes parámetros de trabajo. Por ejemplo, permite seleccionar una temperatura constante o aplicar un gradiente de temperatura, pudiendo elegir en cada caso la temperatura a la que se quiere realizar la separación. Es posible establecer un programa de temperatura, indicando las temperaturas deseadas, los tiempos necesarios para alcanzarlas y el tiempo que se quieren mantener. En cuanto a las condiciones de inyección, el programa permite, por ejemplo, elegir la naturaleza del gas inerte (hidrógeno, helio, argón o nitrógeno) utilizado como fase móvil y el volumen de inyección (en μl). Aunque el simulador también permite modificar las propiedades de la columna, no permite modificar la fase estacionaria pero sí cambiar la longitud de la columna (m), el diámetro interno (mm) y el espesor de la película de fase estacionaria (μm). Además, el simulador estima la eficacia de la separación cromatográfica, en términos del número de platos teóricos (N), cada vez que se modifica alguna de las condiciones de separación. Finalmente, el programa permite incluir gráficas dentro del cromatograma dependiendo del parámetro que sea útil analizar. Así por ejemplo, permite observar cómo se separan los compuestos en función del programa de temperatura seleccionado y por tanto, la temperatura aproximada a la que eluyen de la

columna. En el diseño de las actividades solamente se ha previsto, a tenor del nivel exigido para la asignatura, utilizar programas de temperatura que incluyan, únicamente, una rampa de temperatura (figura 1).

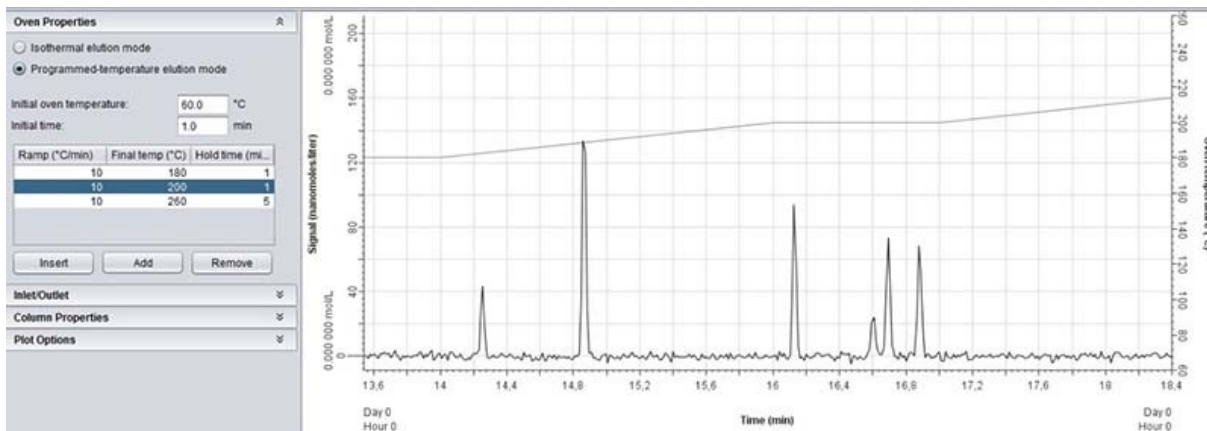


Figura 1. Ejemplo de un cromatograma registrado con su correspondiente rampa de temperatura

2.4 Trabajo colaborativo

La práctica virtual se llevó a cabo en grupos de dos a tres personas, ver figura 2, en el laboratorio de Análisis Instrumental del centro. Como no todos los alumnos podían realizar la práctica el mismo día debido a que en el mencionado laboratorio sólo se dispone de dos ordenadores, se dividió el grupo para que mientras unos alumnos estaban realizando la simulación de la separación mediante GC, el resto estuviera realizando otra práctica experimental distinta.

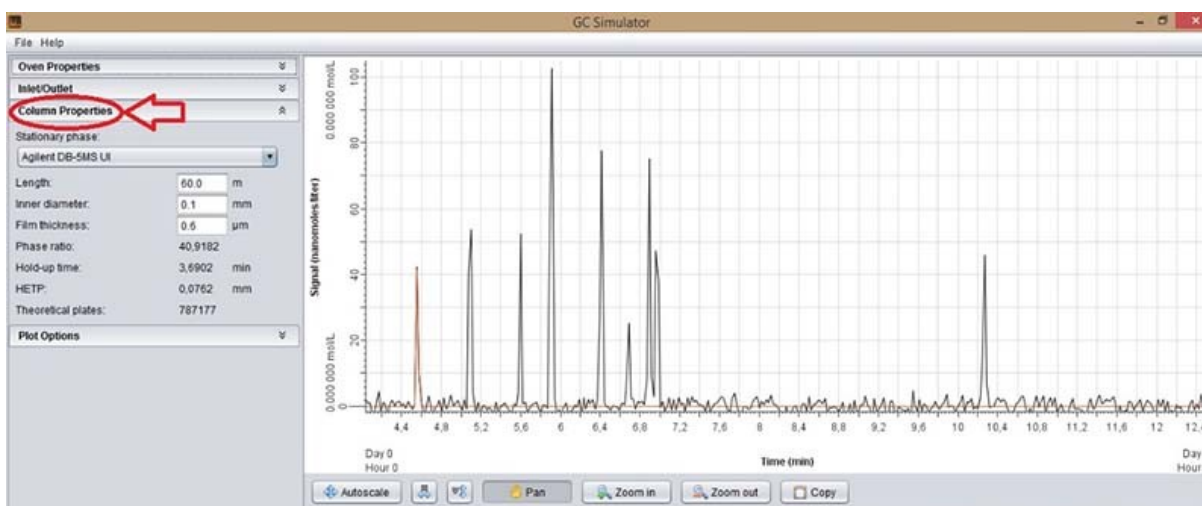




Figura 2. Estudiantes del IES Vicente Aleixandre realizando la práctica virtual de cromatografía de gases

2.5 Detalle de las actividades con el simulador.

La práctica virtual se dividió en tres ejercicios (ver Anexo). En el primero se pretendía trabajar el concepto de eficacia de separación mediante el parámetro analítico N , correspondiente al número de platos teóricos de la columna y que lo relacionasen con una experiencia real, como la búsqueda en un catálogo comercial de los distintos parámetros que caracterizan una columna de GC. Estos parámetros pueden ser modificados en el simulador y así obtener el número de platos teóricos ideal y las condiciones con las que se trabajaría si fuese un experimento real en un laboratorio. El segundo ejercicio tenía la intención de que los estudiantes relacionasen la influencia de las propiedades de la columna en cuanto a diámetro interno, longitud, etc., en los tiempos de retención de los compuestos a separar, y a su vez, poder calcular la resolución entre dos picos cromatográficos, en base a los cromatogramas obtenidos para cada uno de los parámetros de la columna seleccionados. La figura 3 es una captura de pantalla del simulador, que señala, en color rojo, las propiedades de la columna que se pueden modificar. Para cada uno de los picos registrados en el cromatograma ha sido posible obtener los correspondientes parámetros cromatográficos, como por ejemplo los tiempos (t_R , min) y los factores de retención (k). Por último, el tercer ejercicio estaba enfocado al estudio de la temperatura, en el que se pretendía que los estudiantes razonasen como influye el cambio de la temperatura en la separación de los compuestos objeto de estudio, y de esta forma, elegir la temperatura o el programa de temperatura más adecuado para conseguir una separación aceptable de todos ellos en el menor tiempo de análisis.



Compound	Conc (µM)	K	SR (min)	σ_{total}^2	W (pmol)
Isotiene	30.0	0.2328	4.5639	0.5217	1.1881
n-pentyl acetate	60.0	0.3754	5.0912	0.5414	2.3762
N,N-dimethylisobutramide	30.0	0.5128	5.5996	0.5625	1.1881
linalool	50.0	0.8619	6.8912	0.6246	1.9802
N,N-diethylacetamide	100.0	0.5963	5.9083	0.5764	3.9604
nonan-2-one	20.0	0.8063	6.6859	0.6146	0.7921
scutellone	40.0	0.8814	6.0713	0.6287	1.0902

Figura 3. Ejemplo de la resolución del ejercicio número dos

3. EVALUACIÓN

La evaluación de las actividades se llevó a cabo mediante el diseño de una rúbrica, teniendo en cuenta que el objetivo era trabajar tanto la competencia científica como la digital. En la tabla 1 se muestran los ítems evaluados para cada competencia con su correspondiente calificación, donde cada ejercicio se evaluó sobre 10 puntos.

Competencias	Ejercicio 1	Ejercicio 2	Ejercicio 3
Competencia científica	Identifica temperatura (+2) Razona correctamente la selección columna (+5)	Resuelve picos 3 y 4 (+4) Resuelve picos 7 y 8 (+4)	Responde pregunta 1 (+2) Responde pregunta 2 (+3) Responde pregunta 3 (+3)
Competencia digital	Calcula nº de platos (+3)	Cumplimenta apartados adecuadamente (+2)	Programa rampa de temperatura (+2)

Tabla 1. Rúbrica de evaluación de las actividades con el simulador de cromatografía de gases

Además, una vez finalizada la práctica virtual, los alumnos tuvieron que elaborar individualmente un documento con los resultados obtenidos en el simulador, valorando no sólo el resultado numérico, sino también los razonamientos realizados en los ejercicios. En la figura 4 se ilustra el ajuste de las calificaciones (sobre una nota final de 10) a una distribución normal con su valor promedio de 7,7 y desviación estándar de 1,4.

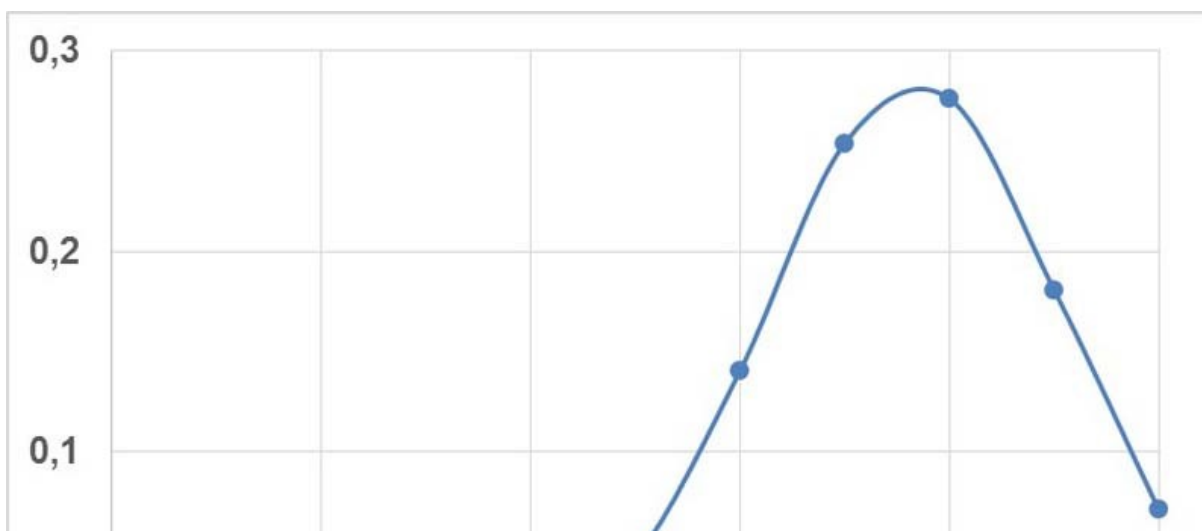




Figura 4. Ajuste de las calificaciones a una distribución normal ($\mu=7,7$; $\sigma=1,4$)

4. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES Y

CONCLUSIONES

Además de una lectura positiva de las calificaciones obtenidas (ver punto anterior), finalizada la unidad didáctica completa de cromatografía se realizó una encuesta de satisfacción a los estudiantes sobre el uso del simulador en el aprendizaje de la técnica de cromatografía de gases. Para ello, éstos reflejaron su experiencia durante la realización de la práctica a través de la elección de una serie de adjetivos facilitados por el profesor. Los estudiantes tenían que señalar con un círculo todos aquellos adjetivos que describían mejor su experiencia personal en el desarrollo de la unidad, y tachar aquellos otros que no la describían (Galloway et al., 2016); los resultados se recogen en el diagrama de barras de la figura 5, donde la barra está en color naranja si las palabras no han sido ni seleccionadas ni tachadas por los estudiantes, en azul si han sido seleccionadas para describir sus experiencias, y en gris las tachadas, es decir, las que no describen la experiencia.

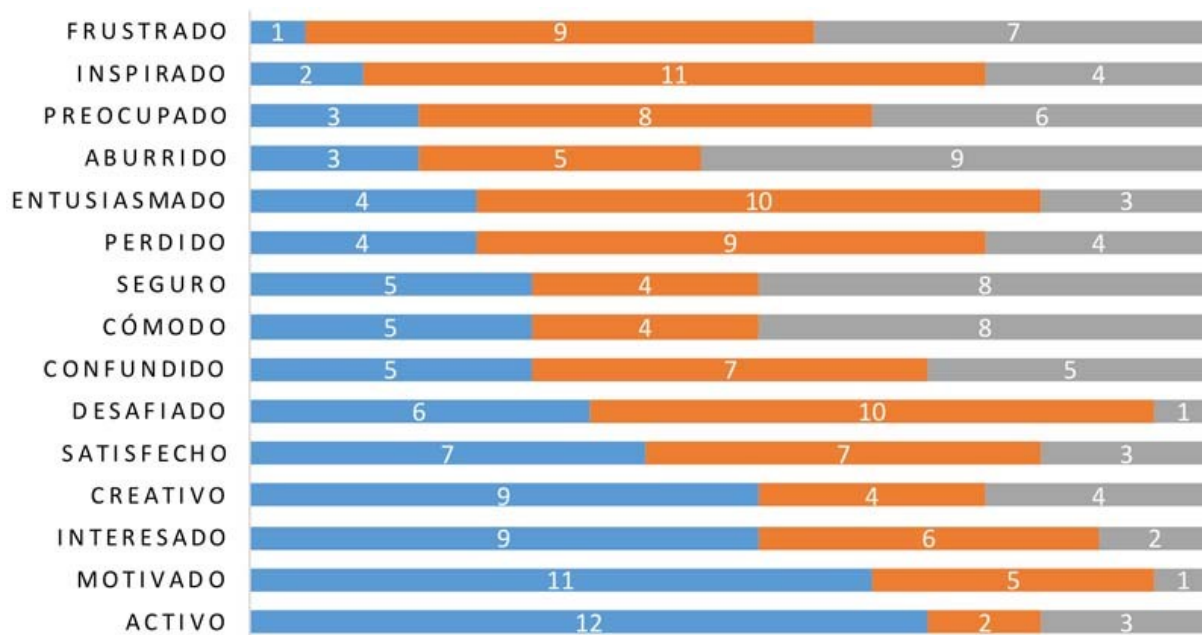


Figura 5. Frecuencia de las palabras seleccionadas (naranja), no seleccionadas (azul) y/o tachadas (gris) para describir la experiencia de la práctica virtual sobre cromatografía de gases.

Se puede observar que más del 50% de los estudiantes encuestados se han sentido activos, motivados, interesados y creativos a la hora de realizar la práctica, por lo que la experiencia ha sido, sin duda, positiva para ellos. No obstante, tan sólo un 29% han estado cómodos y seguros durante la práctica virtual. Solamente un 41% ha quedado finalmente satisfecho con el recurso. Éste es sin duda un dato muy importante. Parece que es necesario implementar más actividades de este tipo al objeto de trabajar la competencia con el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) de los estudiantes, para que vayan adquiriendo una mayor confianza y soltura en entornos digitales. Luego es clave, y por lo tanto nuestro futuro reto, que los estudiantes se sientan cómodos en unos entornos, que queramos o no, son los que van a marcar su éxito profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- Boswell, P. (2014). A free, online resource for gas chromatography (GC) simulation, education, and more. Disponible: <http://www.gcsimulator.org/>
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*. 2(2), pp. 79-88.
- 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, pp. 227-238.
- Mora, F. (2015). Sólo se puede aprender aquello que se ama. *Educación 3.0*. Disponible: <http://www.educaciontrespuntocero.com/opinion/solo-se-puede-aprender-aquello-que-se-ama-por-francisco-mora/27088.html>
- Stone, D.C. (2007). Teaching Chromatography Using Virtual Laboratory Exercises. *Journal of Chemical Education*. 84(9), pp. 1488-1496.

• NOTAS

[1] Método de análisis químico utilizado para separar los diferentes componentes de una mezcla. Se basa en la distribución o reparto de los mismos entre dos fases, una que permanece fija, la fase estacionaria, y otra que se mueve, la fase móvil. La fase móvil, que puede ser un gas o un líquido, fluye a través de la fase estacionaria, empaquetada en una columna o depositada en un soporte sólido. En función de las características de los compuestos y de la naturaleza de la fase móvil y de la fase estacionaria, los compuestos tienen más afinidad por una u otra fase, lo que condiciona la retención de cada uno de ellos en la fase estacionaria.

[2] La muestra se inyecta en el inyector, los diferentes compuestos se volatilizan y son

arrastrados por la fase móvil (gas inerte) hacia la columna cromatográfica, donde se produce la separación de los mismos en función de su interacción y, por tanto, diferente retención, en la fase estacionaria.

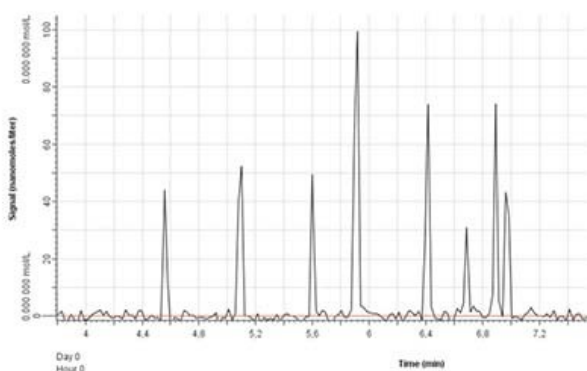
[3] Cromatografía de líquidos de alta eficacia.

[4] Gráfico en el que aparece representada la señal registrada por el detector acoplado al cromatógrafo, correspondiente, en este caso, a la concentración del compuesto, frente al tiempo de análisis. Cada compuesto se detecta en forma de un pico cromatográfico caracterizado por un valor de tiempo de retención, que indica el tiempo que tarda en salir de la columna cada uno de los compuestos retenidos en la fase estacionaria.

ANEXO: EJERCICIOS CROMATOGRAFÍA DE GASES

1. Averigua cuáles serían las mejores condiciones de la columna (diámetro, longitud, película) para obtener el número de platos idóneo para una buena separación de los distintos componentes de la muestra proporcionada en el simulador. Debes tener en cuenta que la columna debe ser real, para ello debes fijarte en el catálogo de las columnas comerciales de Agilent disponible en internet.

2. Dadas las condiciones de la columna: Diámetro interno 0.1 mm, longitud 60 m y película 0.6 μm se ha obtenido el cromatograma que se ilustra en la figura siguiente. a) Rellena los datos de la tabla indicada en la figura (derecha) utilizando el simulador y el cromatograma obtenido. b) Calcula la resolución entre los picos 3 y 4; y entre 7 y 8.



PEAK	AREA	t_R	NOMBRE
1			Toluene
2			n-pentyl acetate
3			N,N-dimethylisobutyramide
4			N,N-diethylacetamide
5			Octan-1-ol
6			Nonan-2-one
7			linalool
8			acetophenone

Figura. Cromatograma problema (izquierda) y tabla a rellenar (derecha)

3. El simulador permite trabajar a temperatura constante o con gradiente de temperatura. Se han diseñado dos posibles tratamientos (ver tabla inferior) con tres gradientes de temperatura (temperatura inicial, intermedia y final). Ayudándote de la tabla realízalas en el simulador y contesta a las siguientes preguntas: ¿Cómo varían los tiempos de retención si aumentamos la temperatura? ¿Qué ocurre con el número de platos teóricos en los distintos tratamientos? ¿En qué condiciones se producirá una mejor separación de los componentes (temperatura constante, tratamiento 1 o tratamiento 2)?

Tratamiento 1		
Rampa (°C/min)	Tª final (°C)	Tiempo espera (min)
20	120	1
10	200	1
10	260	1

Tratamiento 2		
Rampa (°C/min)	Tª final (°C)	Tiempo espera (min)
20	180	1
10	220	1
10	260	1

Tabla. Detalles del tratamiento 1 y 2



(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

Este obra está bajo una
licencia de Creative
Commons Reconocimiento-
NoComercial-
SinObraDerivada 3.0
Unported

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

Revista Digital
EducaMadrid

(<http://www.educa2.madrid.org/web/revista-digital/>)

Fecha de publicación: 16
de noviembre de 2018



(<http://www.madrid.org/>)



(<http://www.educa.madrid.org>)

Revista Digital EducaMadrid - Créditos (</web/revista-digital/inicio/-visor/creditos>) - Aviso legal (</web/revista-digital/aviso-legal>) - Mapa web (</web/revista-digital/inicio/-visor/-copia-de-mapa-web>)

EducaMadrid - 2020 - Consejería de Educación y Juventud

