



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente

Convocatoria 2017/2018

Nº de proyecto: 111

DESARROLLO DEL AULA VIRTUAL COMO SOPORTE DEL APRENDIZAJE FLEXIBLE, DE LAS  
COMPETENCIAS RELACIONADAS CON LA DETERMINACIÓN ESTRUCTURAL DE  
COMPUESTOS ORGÁNICOS.

Profesor Dr. D. Juan Francisco González Matilla

Facultad de Farmacia

Química en Ciencias Farmacéuticas

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.

Este proyecto de innovación docente estaba dirigido a la creación de una base de datos con problemas sobre determinación estructural de compuestos orgánicos y a la resolución en formato audiovisual de una serie representativa de los mismos, con el objetivo de flexibilizar y personalizar los tiempos de aprendizaje de los alumnos. La elaboración de este material docente está dirigido a las asignaturas de **Química Orgánica I, II**, y **Química Farmacéutica I y II** que se imparten en 2º, 3º y 4º curso, así como en la asignatura optativa del 2º ciclo **Métodos Experimentales en Síntesis y Caracterización de Fármacos**, del grado en Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, aunque puede ser también útil en otras titulaciones donde se imparte la Química Orgánica y la determinación estructural de compuestos orgánicos, tales como: Químicas, Bioquímica, Óptica, Ingeniería Química o Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

### 1. Respecto al alumno.

El material elaborado será clasificado por niveles de dificultad, y será exportado al campus virtual, de tal manera que el alumno de las asignaturas tendrá una nueva herramienta que le facilitará la etapa de autoaprendizaje y autoevaluación. Se confiere así al aula virtual de la asignatura un mayor carácter de espacio de aprendizaje interactivo, y se elimina el concepto temporal lineal del aprendizaje.

### 2. Respecto al profesor.

Mediante la creación de un gran número de problemas y la resolución de una parte de los mismos, el profesor podrá participar de forma atemporal en la orientación del alumno, para la resolución de los problemas de la asignatura. Esto permitirá al profesor que la **faceta presencial individualizada** (tutorías), no se limite de forma muy preferente a la resolución de problemas, sino a un aprendizaje más conceptual por parte del alumno.

Desde el punto de vista de las competencias, el objetivo general de este proyecto de innovación docente es lograr que el alumno conozca, comprenda y pueda aplicar las distintas técnicas espectroscópicas que se emplean habitualmente en la determinación estructural de compuestos orgánicos, objetivo que puede concretarse en las siguientes competencias específicas:

Conocer y aplicar las técnicas principales de investigación estructural incluyendo la espectroscopia. Competencia CEQ11 (Química Orgánica I 2º curso, Química Orgánica II 3º Curso y métodos experimentales en síntesis y caracterización de fármacos optativa segundo ciclo).

Conocer y utilizar los fundamentos químicos de los métodos para la identificación y valoración de fármacos y compuestos relacionados CEQ24. (Química Farmacéutica I, 3º Curso y Química Farmacéutica II, 4º Curso).

## 2. Objetivos alcanzados

### 2.1 Creación de una colección de problemas sobre determinación estructural.

Se diseñó una colección de 32 estructuras en la que se incluyeron compuestos sencillos tratando de incluir variabilidad funcional y estructural. De cada una de las estructuras diseñadas se planteó la obtención de su espectro de masas, el de infrarrojo y los espectros de resonancia magnética nuclear de protón y de carbono 13. Con los recursos del propio proyecto, así como los del departamento y el almacén de productos del grupo de investigación al que pertenecen los miembros del equipo, se pudieron completar los datos espectroscópicos de 15 compuestos y se encuentran parcialmente completos los de otros 17 (los cuales se irán completando en el futuro). De esta forma se cumplió el primer objetivo que era la elaboración de una colección de fichas problemas sobre determinación estructural.

### 2.2 Creación de videos tutoriales sobre la resolución de problemas.

Un segundo objetivo que se planteó en este proyecto fue realizar una serie de videos tutoriales que permitieran un aprendizaje flexible y personalizado del alumno, venciendo las barreras del aprendizaje en tiempo real de la enseñanza presencial. De esta forma de las 15 fichas de problemas creadas, se seleccionaron 7 en función de su valor pedagógico y teniendo en cuenta las dificultades, que durante los años de enseñanza hemos detectado, sufren de forma mayoritaria los estudiantes. Para cada uno de estos ejercicios problema se crearon videos tutoriales en los que se resuelve y explica la solución de los problemas. Con lo cual se cumplió el segundo objetivo que nos habíamos propuesto.

## 3. Metodología empleada en el proyecto

El desarrollo del proyecto se clasifico en tres etapas:

1. Diseño del banco de problemas y búsqueda o elaboración del material necesario. En esta etapa se diseñó una lista, constituida por 32 especies orgánicas, acordes al nivel de conocimiento en química orgánica en grados como Farmacia y Ciencias Químicas. Se procedió a la búsqueda de los espectros de IR, EM y RMN de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$  los cuales fueron obtenidos de recursos abiertos, cuando la calidad y el formato eran adecuados o realizados por los miembros del grupo.

2. Elaboración de las fichas de problemas. Se creó una plantilla inicial, con los logos corporativos de la UCM y sobre ella se añadió la información espectroscópica de cada problema. Para cada plantilla se generó un código QR, el cual conduce a la estructura del compuesto orgánico, solución del problema. Este código QR está linkado a una carpeta alojada en google drive.


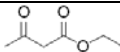
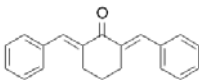

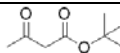



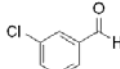


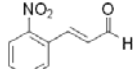



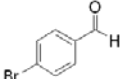
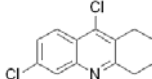
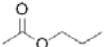
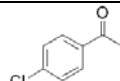
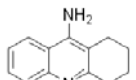
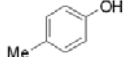
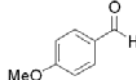
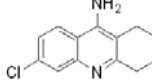
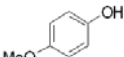
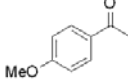
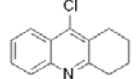


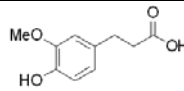
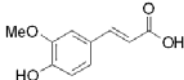
3. Elaboración de los videos tutoriales. En primer lugar se creó una plantilla de PowerPoint, empleando las plantillas corporativas de la UCM y sobre las que se fueron incluyendo los datos de cada problema objetivo. Se preparó un guion para cada uno de ellos y se resolvió el problema con una explicación en la cual la presentación es acompañada de notas escritas (realizadas mediante el empleo de la tableta gráfica) y notas de voz. Las presentaciones así creadas se grabaron como videos, con software libres de captura de pantalla. Los videos fueron posteriormente editados, para crear a sí nuestra pequeña videoteca.

#### 4. Recursos humanos

Los recursos humanos con los que se ha contado para este proyecto, han sido los componentes del grupo, formado por los profesores y profesoras Elena de la Cuesta Elósegui, María Teresa Ramos García, Mercedes Villacampa Sanz, José Carlos Menéndez Ramos y Juan Francisco González Matilla; además hemos contado con la colaboración del estudiante de doctorado Ángel Cores Esperón.

#### 5. Desarrollo de las actividades.

En primer lugar se clasificaron los compuestos seleccionados para la elaboración de los problemas en tres series según su grado de dificultad, como se muestra en la tabla. Entre ellos se eligieron sistemas alifáticos los cuales contenían grupos funcionales como aminas, haluros, alcoholes y grupos carbonilo; sistemas aromáticos entre los que teníamos sistemas mono-sustituidos y di-sustituidos contemplando las tres posibilidades de sistemas *orto*, *meta* y *para* sustitución. Finalmente incluimos algunos sistemas heterocíclicos de mayor dificultad.

Dificultad Baja	Dificultad Media	Dificultad Alta
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		

Con el fin de optimizar los recursos, se acudió en la medida de lo posible a los almacenes de reactivos de los grupos de investigación del Departamento de Química Orgánica y Farmacéutica, así como a la reserva propia del Departamento. En los casos que fueron necesarios, se adquirieron los compuestos en los proveedores habituales con cargo a la dotación económica de este proyecto.

En una segunda fase del proyecto en primer lugar realizamos los espectros de absorción infrarroja, en un espectrofotómetro FT-IR del grueso de los compuestos seleccionados. Para la realización de los espectros de resonancia magnética nuclear de protón y de carbono  $^{13}\text{C}$ , se prepararon las muestras por disolución en cloroformo o metanol deuterados (en función de la solubilidad de los mismos). Los espectros realizados fueron analizados mediante software libre y digitalizados. Por último, los espectros de masas fueron obtenidos a través de bancos de acceso libre o fueron realizados en el CAI de espectroscopia de masas de la UCM.

En una tercera fase del proyecto se elaboraron los problemas de determinación estructural con un formato común, usando una plantilla a la que se añadieron los espectros de IR, EM, RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ ; también se insertó un código QR, que permite acceder a la solución individual de cada ficha de forma sencilla. De esta forma se crearon 14 fichas las cuales se subieron al campus virtual de las asignaturas implicadas en el proyecto (anexo 1).

Por último, se elaboró una plantilla en formato ppt, para cada una de las fichas anteriormente seleccionadas, las cuales nos sirvieron de soporte para la grabación de los videos tutoriales, empleando la versión libre del software de captura de pantalla y edición "Screencast-O-Matic". De esta forma se grabaron y editaron 7 videos tutoriales de una duración aproximada de 15 minutos. Los videos realizados se cargaron en los portafolios correspondientes en los campus virtuales de las asignaturas objetivos de este proyecto.

Una vez elaborado el material audiovisual el cual constaba de 14 fichas de problemas de determinación estructural de compuestos orgánicos y de videos tutorial donde se resolvían 7 de estas fichas, el material se incorporó al campus virtual de la asignatura de "métodos experimentales en síntesis y caracterización de fármacos". Y fue accesible para todos los estudiantes del grupo B del curso 2018/2019.

Así los recursos fueron consultados por los alumnos en más de 500 ocasiones para una población de 57 estudiantes, 358 de las consultas se realizó en la semana previa a la preparación del examen. Estos resultados avalan el objetivo previo de dotar al alumno de una nueva herramienta que le facilite la etapa de autoaprendizaje y autoevaluación. De esta forma se confiere al aula virtual un mayor carácter de espacio de aprendizaje interactivo, y se elimina el concepto temporal lineal del aprendizaje.

Por último las fichas de problemas elaboradas han sido empleadas para la puesta de exámenes, por los profesores de la asignatura de Química Orgánica I.

## **6. Anexos**

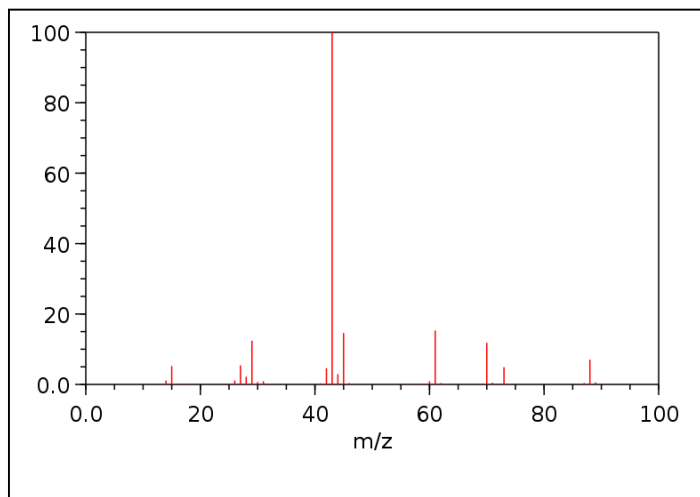
En esta sección se recogen las fichas de problemas desarrolladas en este proyecto.



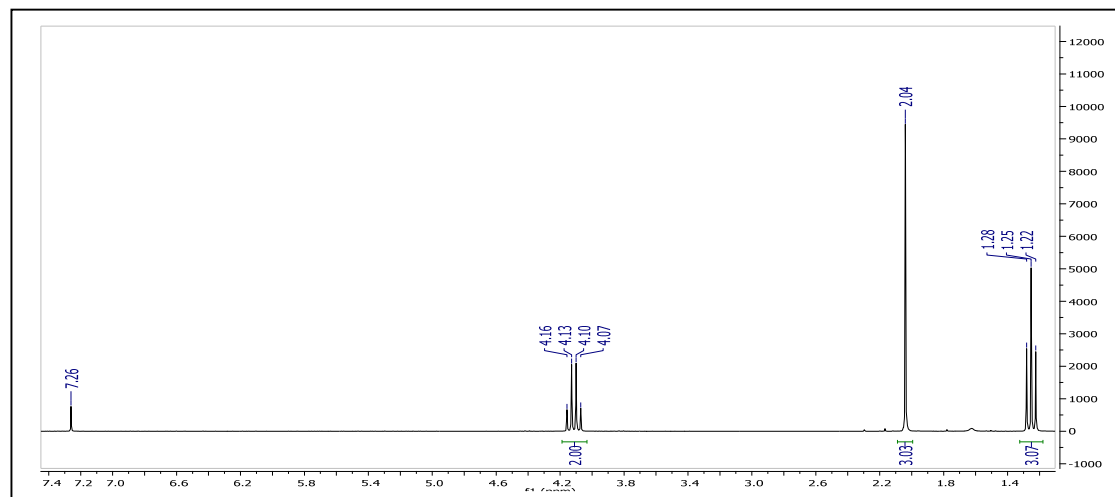
Formula empírica:  $C_4H_8O_2$

Solución:

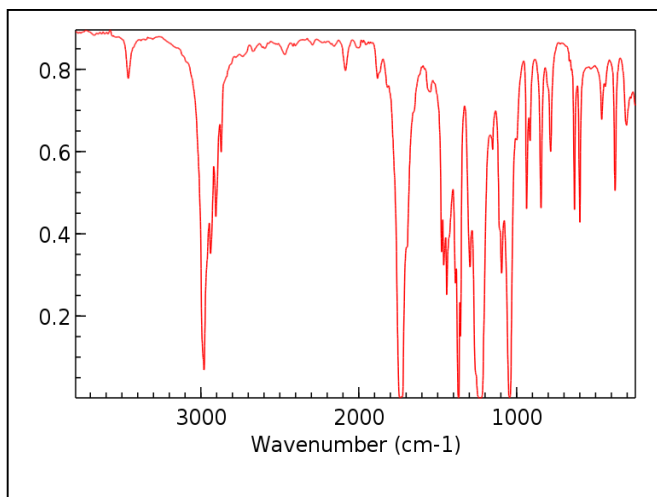
Espectro de Masas.



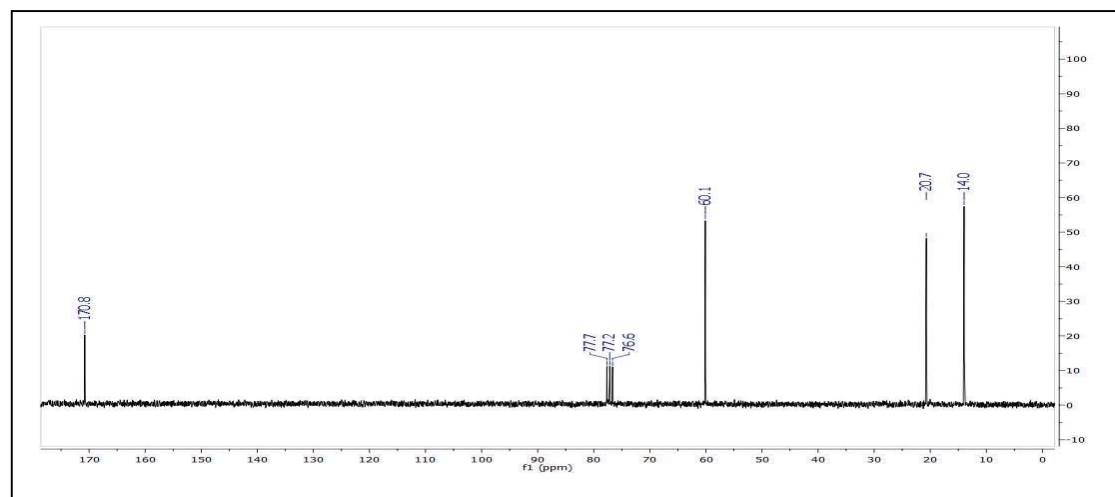
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

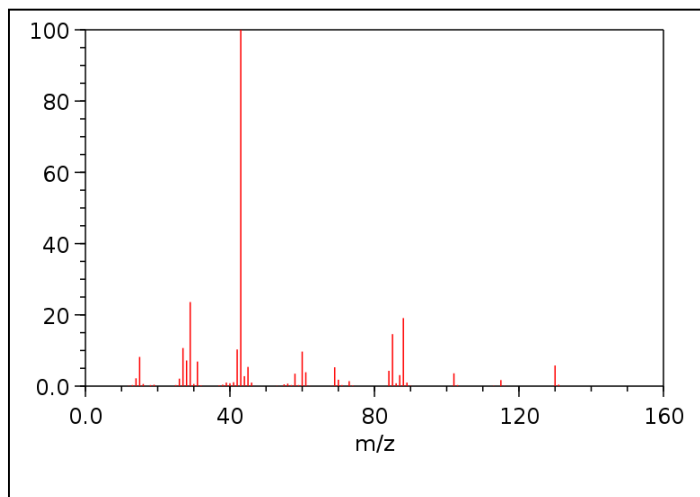




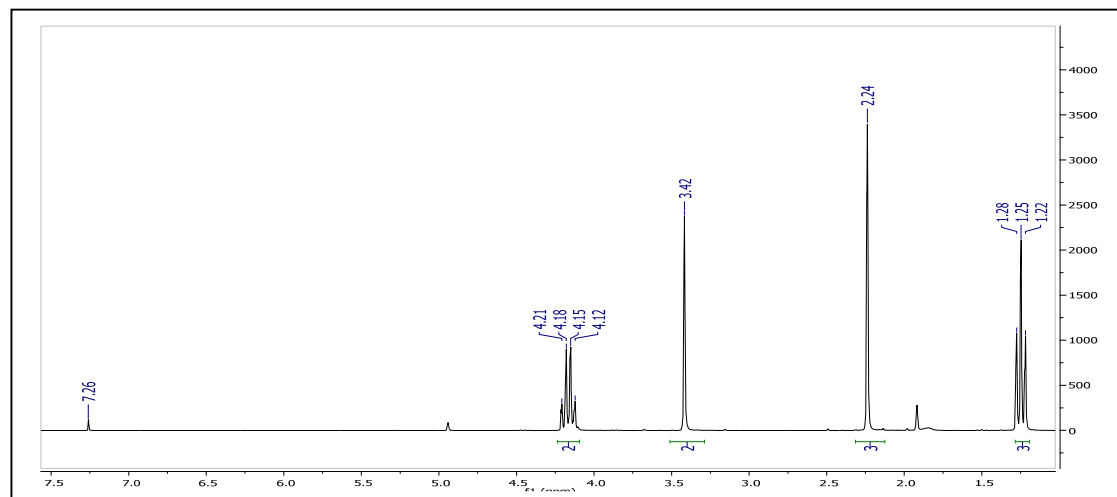
Formula empírica:  $C_6H_{10}O_3$

Solución:

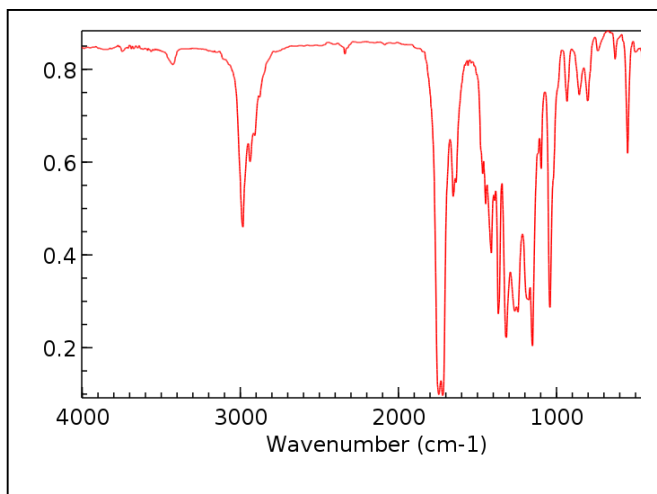
Espectro de Masas.



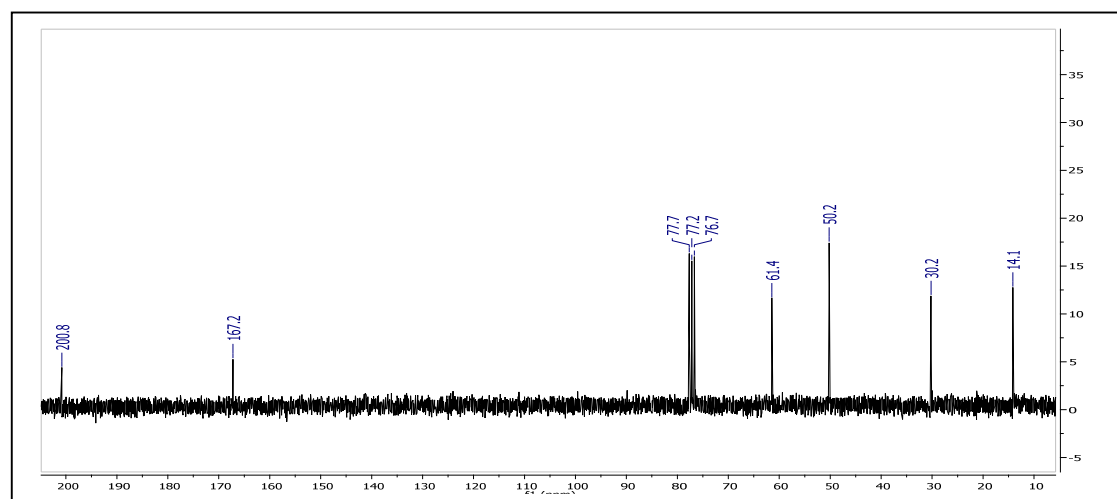
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

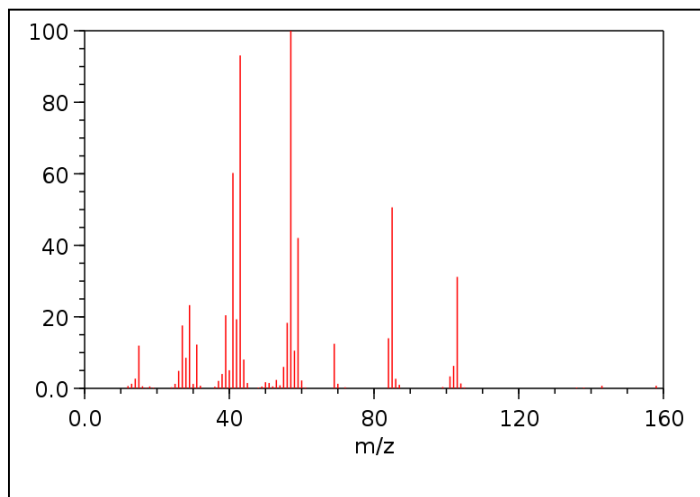




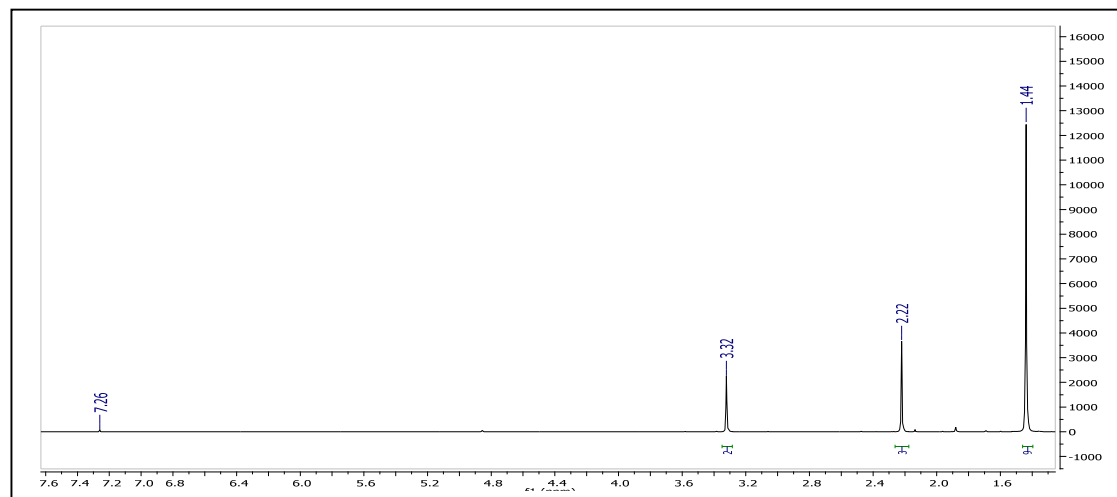
Formula empírica:  $C_8H_{14}O_3$

Solución:

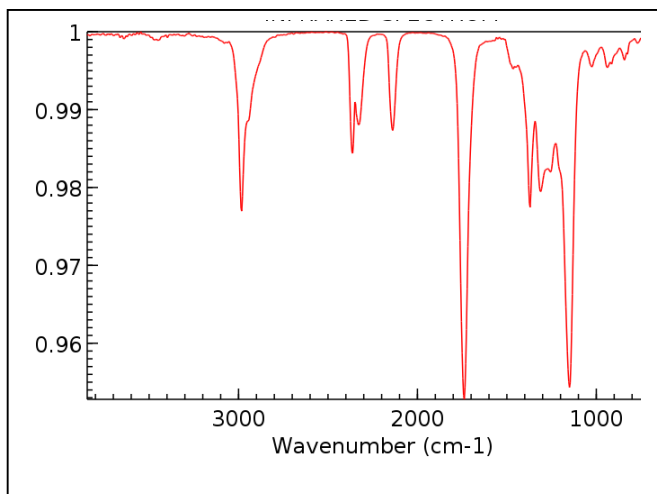
Espectro de Masas.



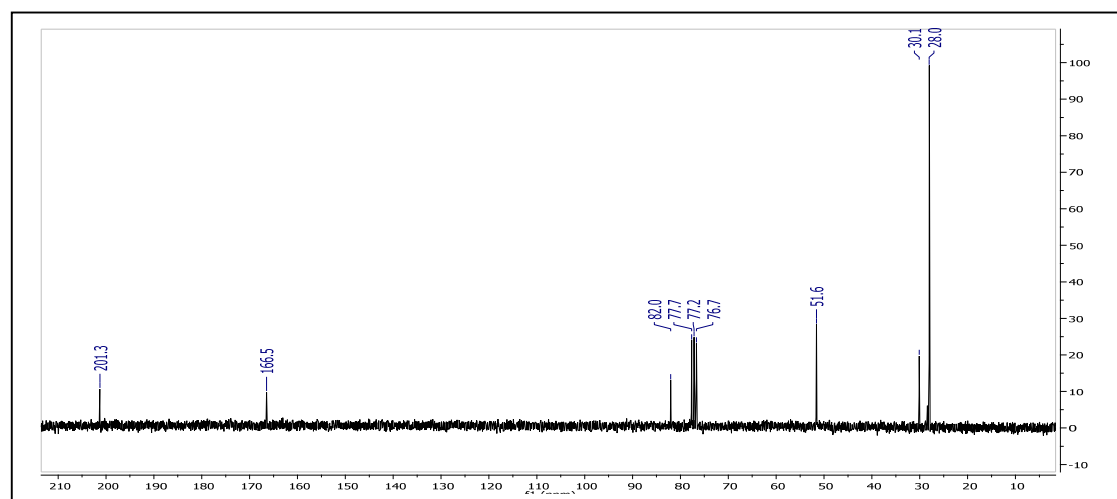
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

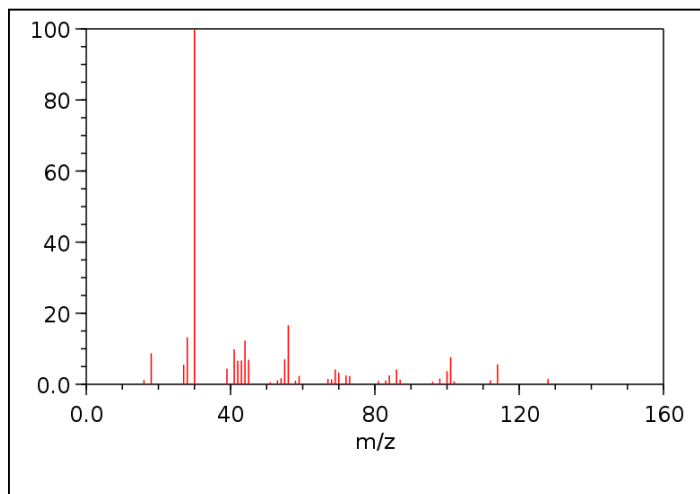




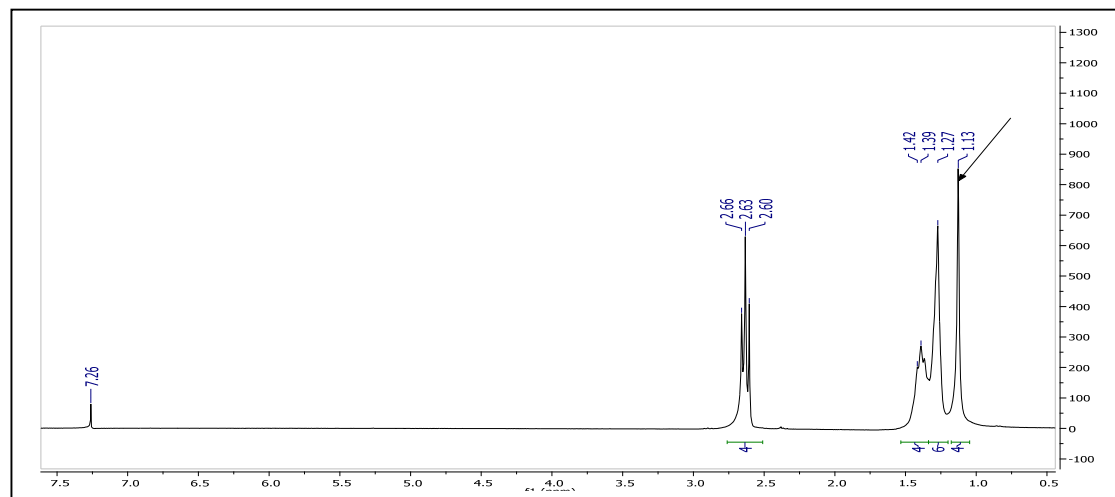
Formula empírica:  $C_7H_{18}N_2$

Solución:

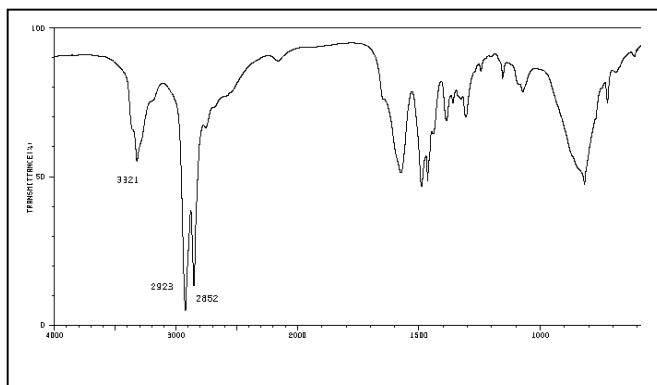
Espectro de Masas.



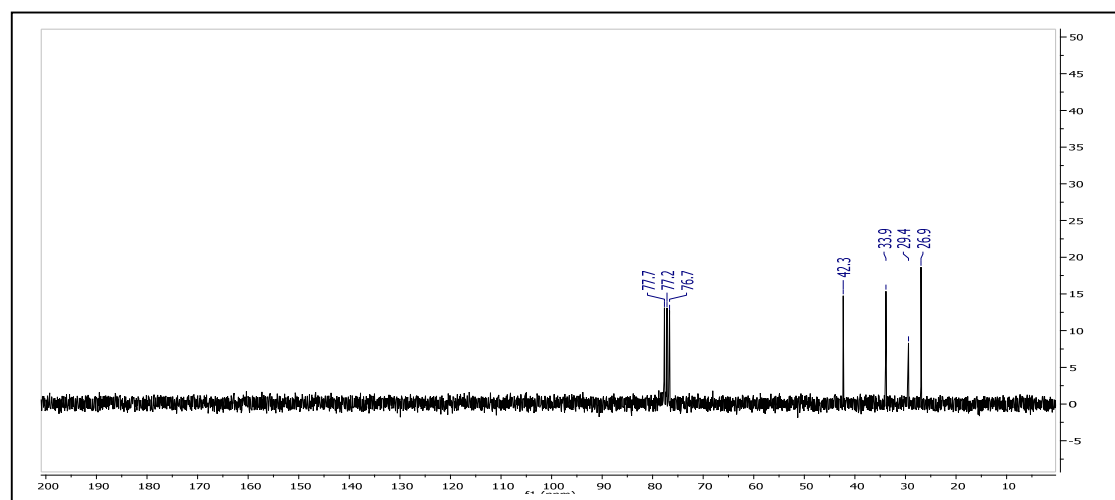
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

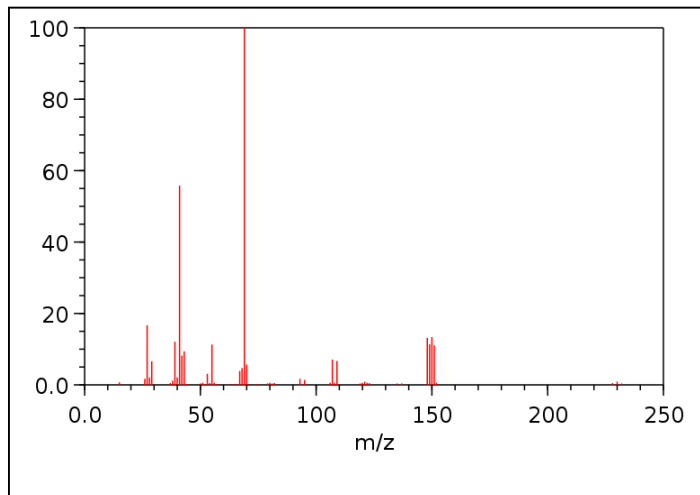




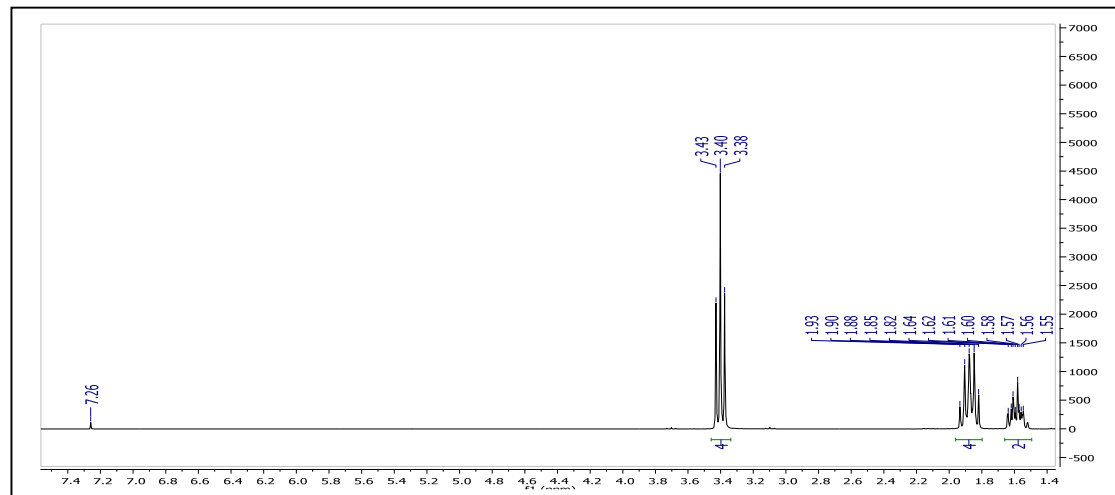
Formula empírica:  $C_5H_{10}Br_2$

Solución:

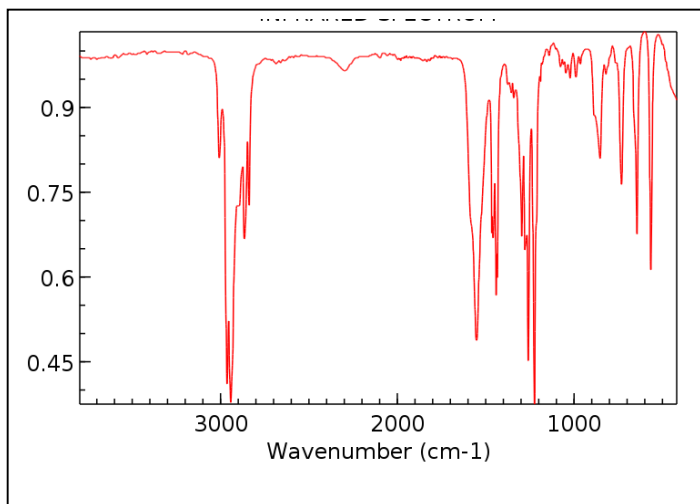
Espectro de Masas.



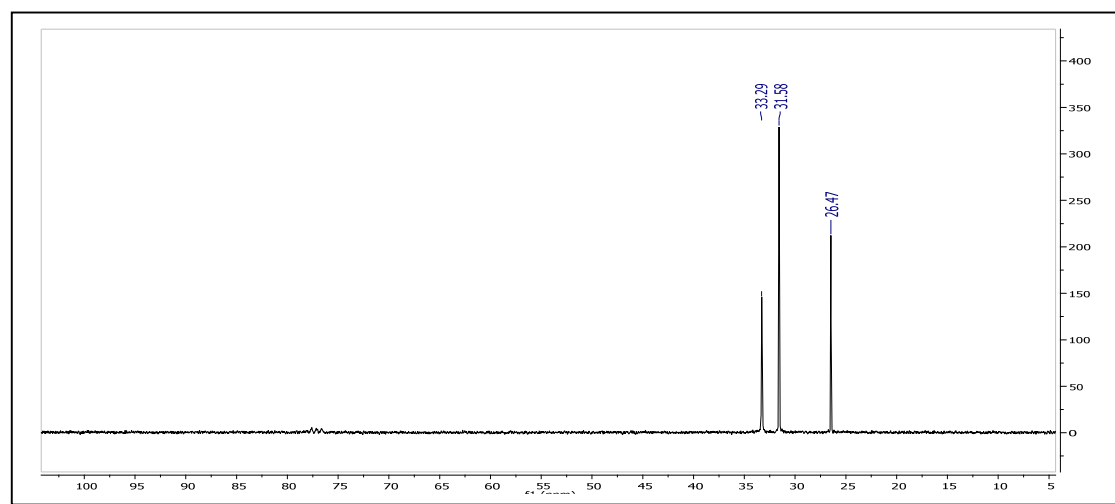
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

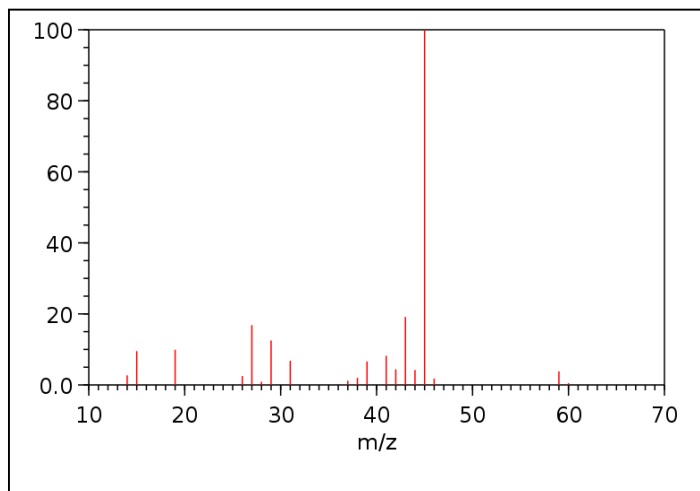




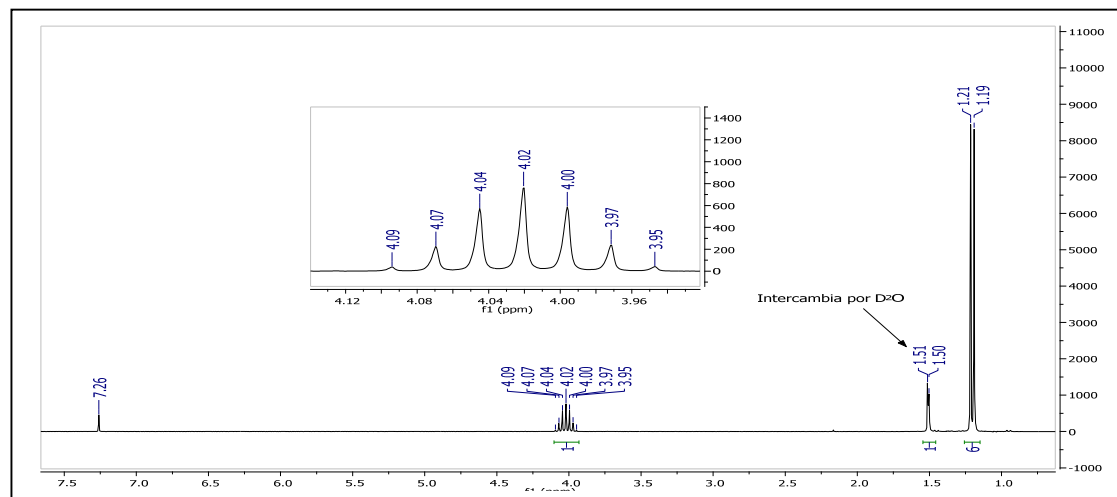
Formula empírica:  $C_3H_8O$

Solución:

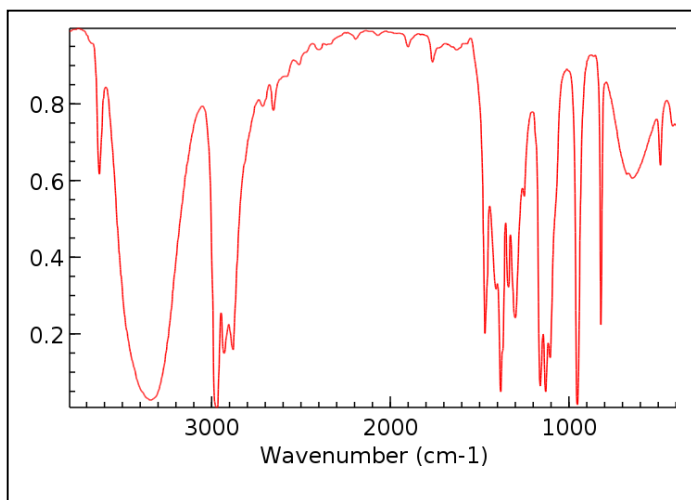
Espectro de Masas.



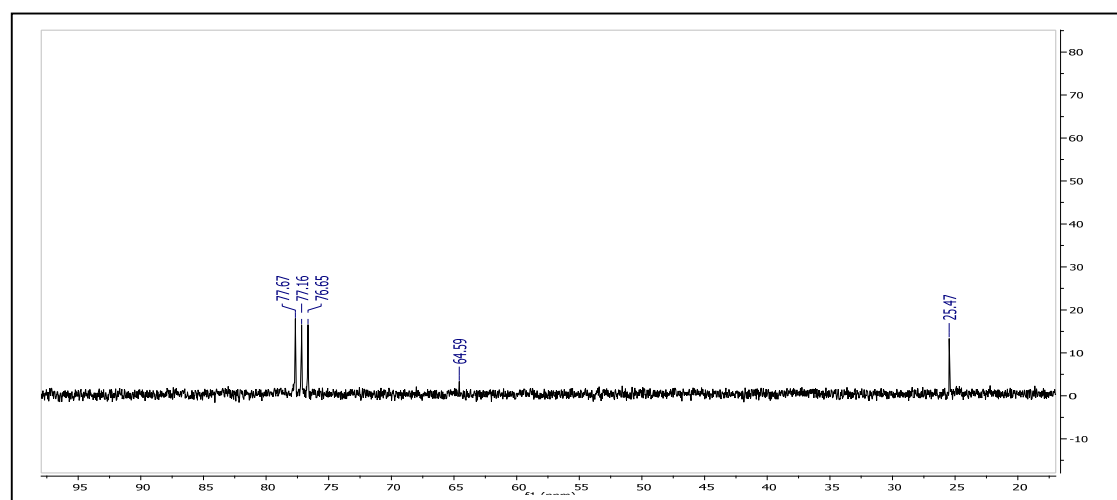
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

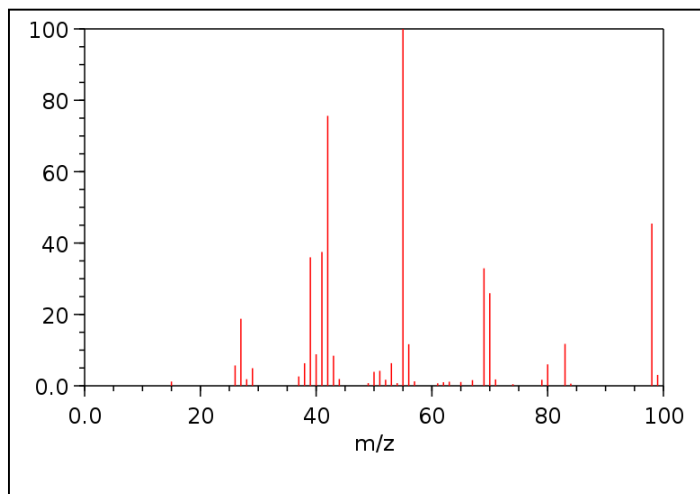




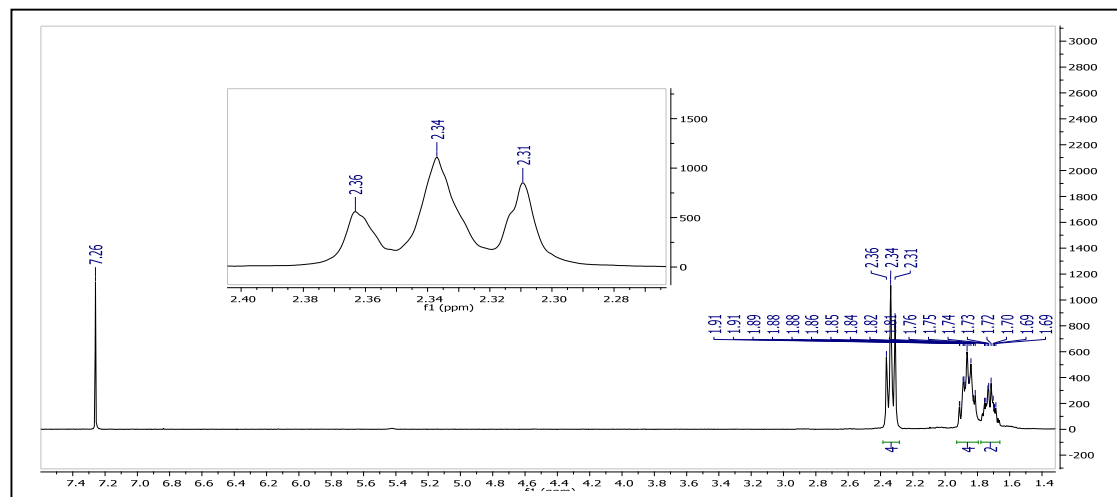
Formula empírica:  $C_6H_{10}O$

Solución:

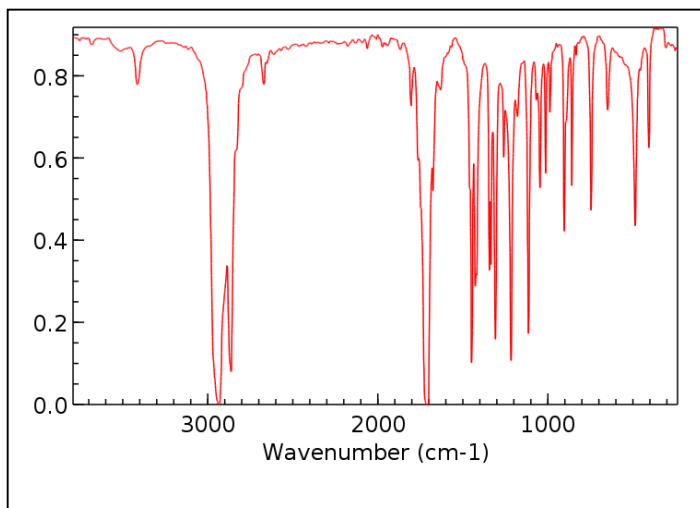
Espectro de Masas.



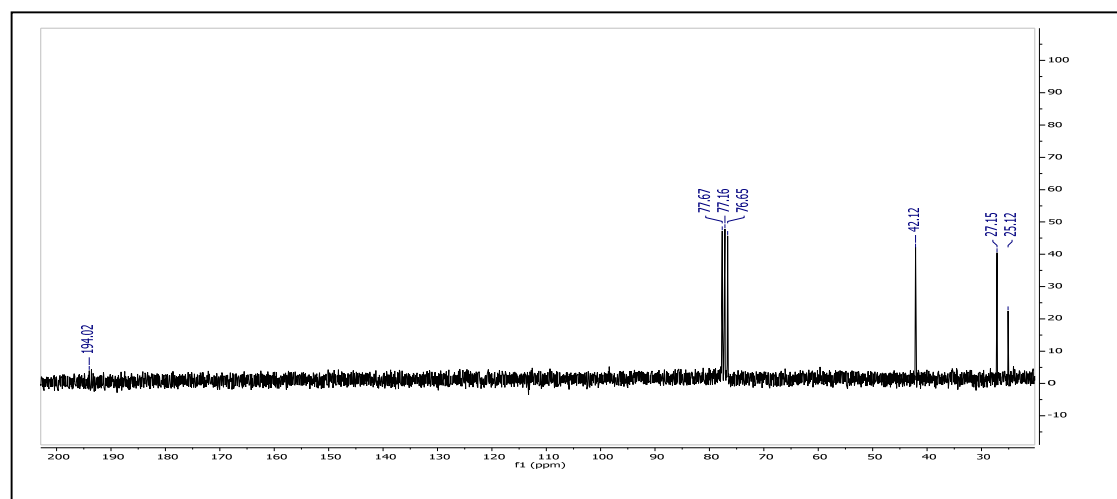
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

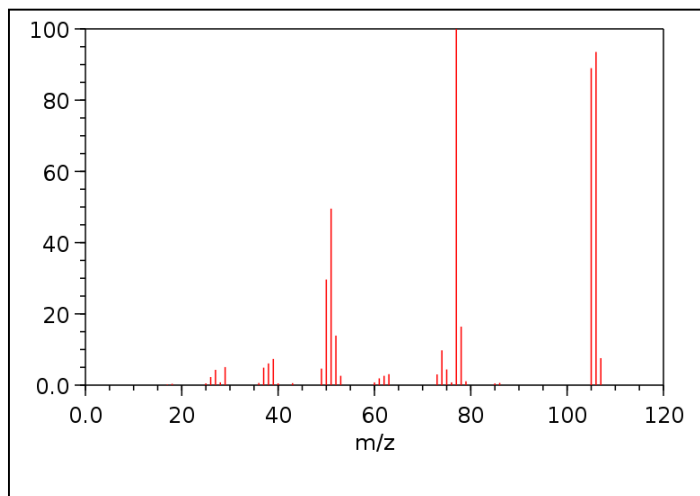




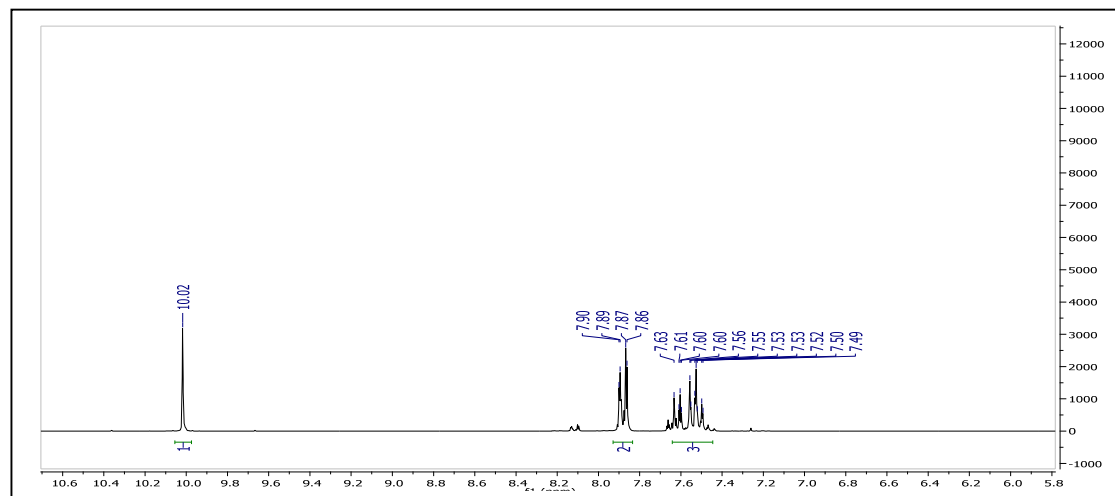
Formula empírica:  $C_7H_6O$

Solución:

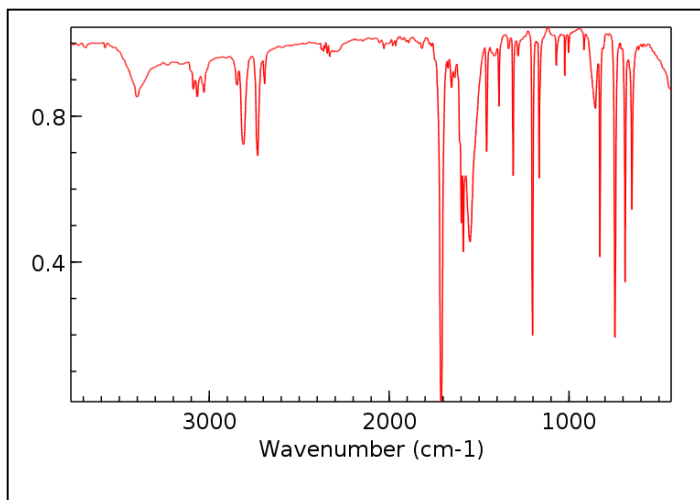
Espectro de Masas.



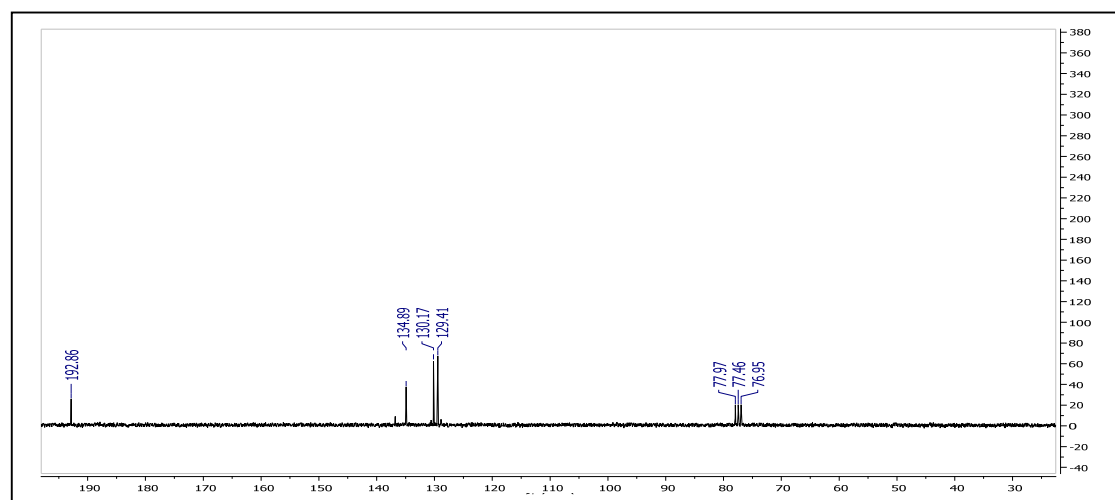
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

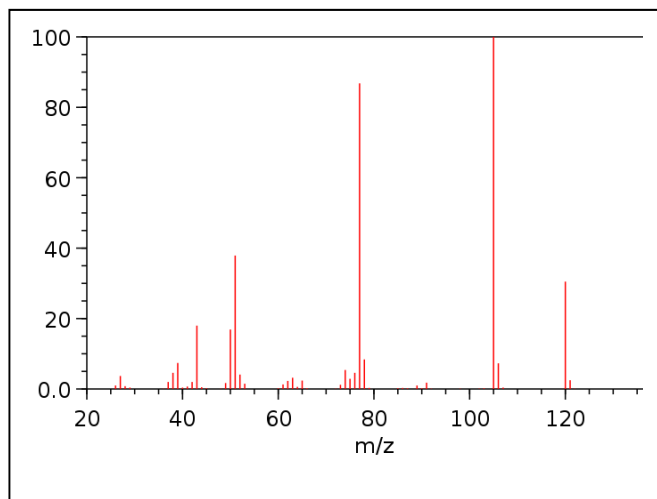




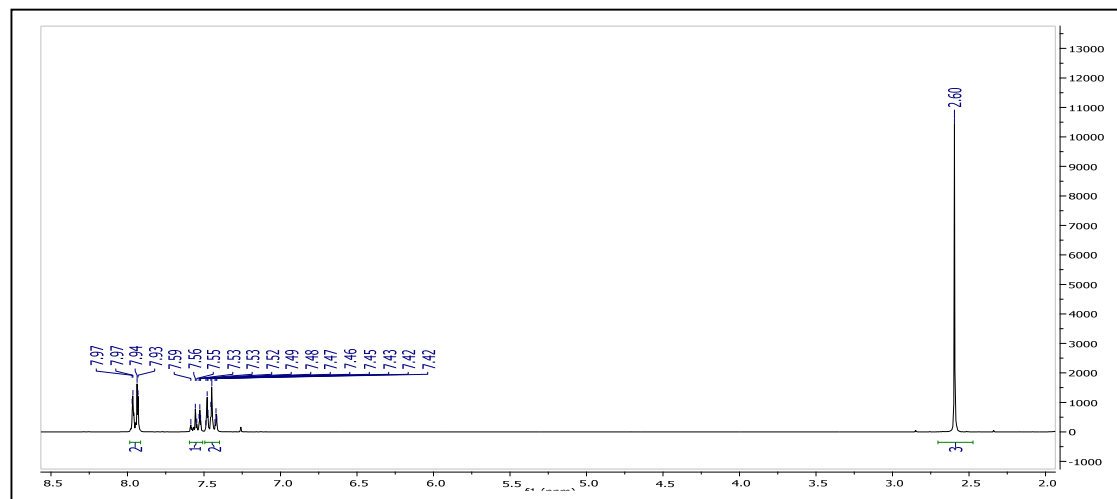
Formula empírica:  $C_8H_8O$

Solución:

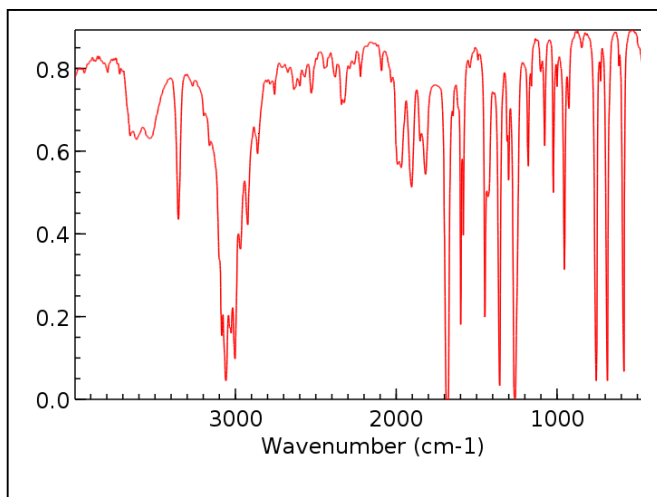
Espectro de Masas.



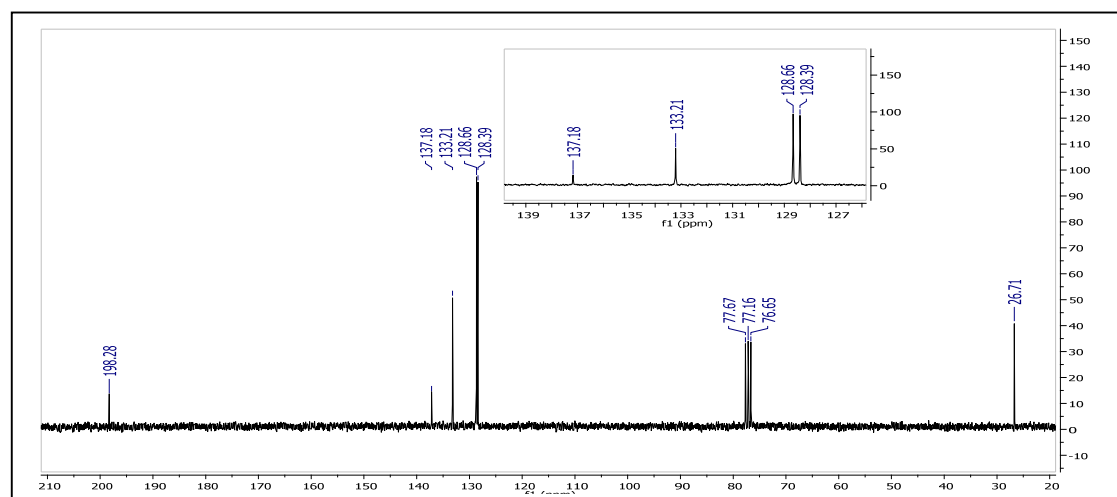
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

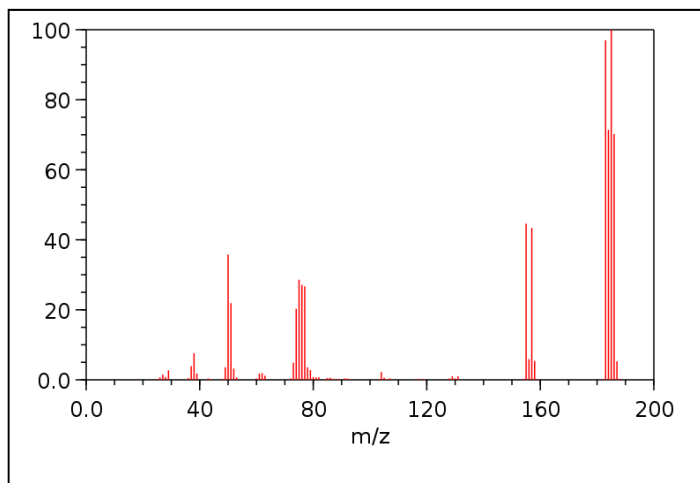




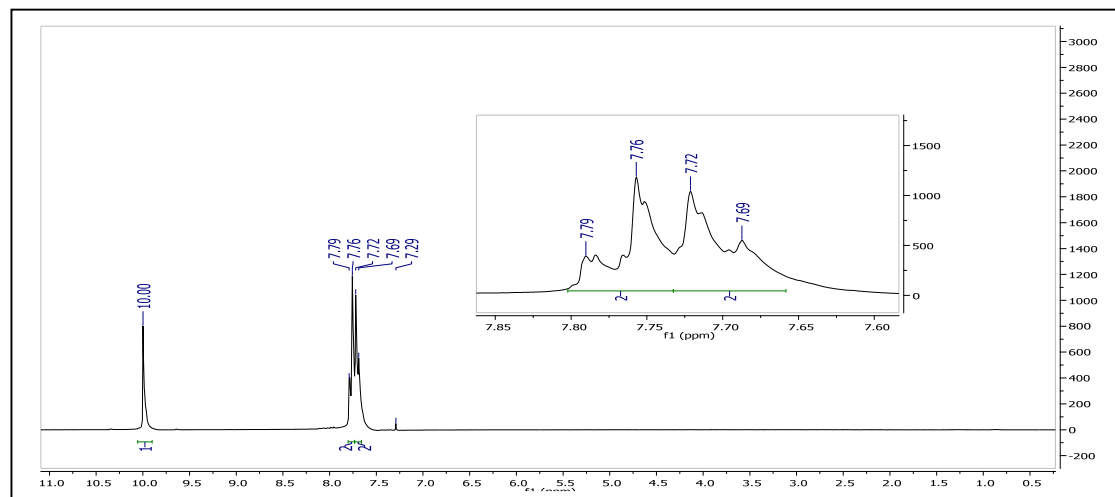
Formula empírica:  $C_7H_5BrO$

Solución:

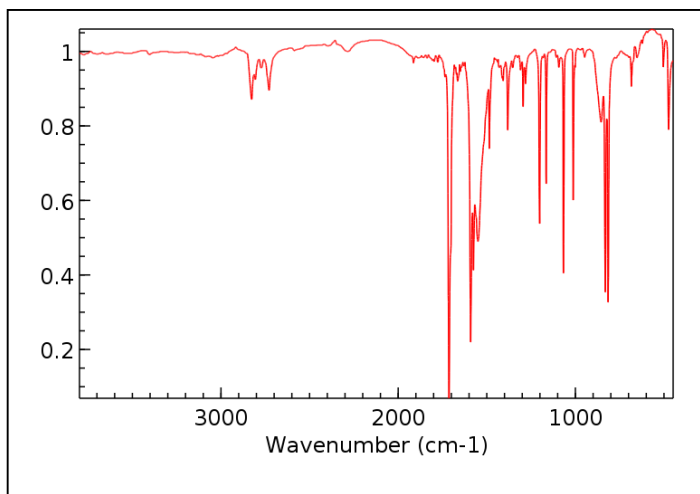
Espectro de Masas.



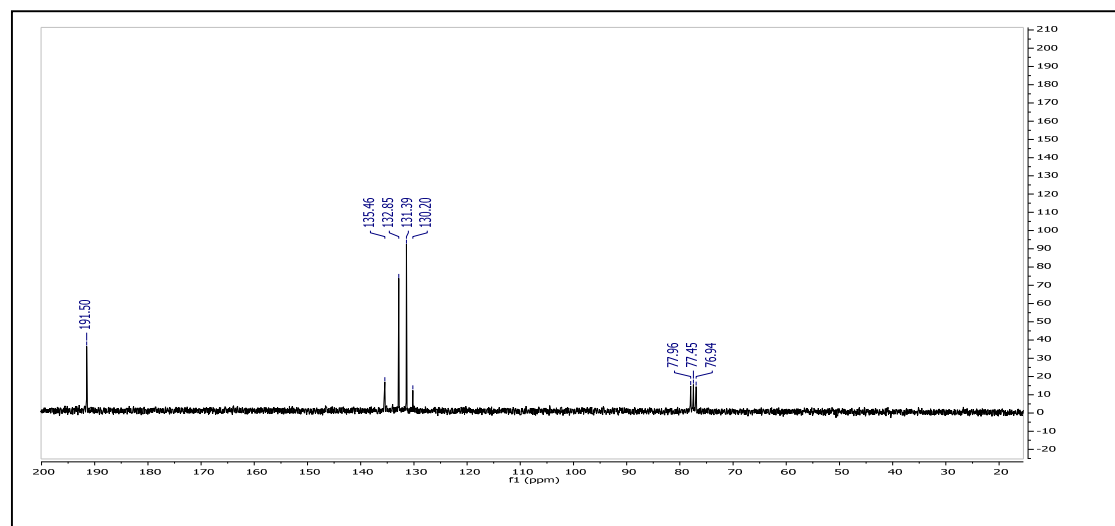
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

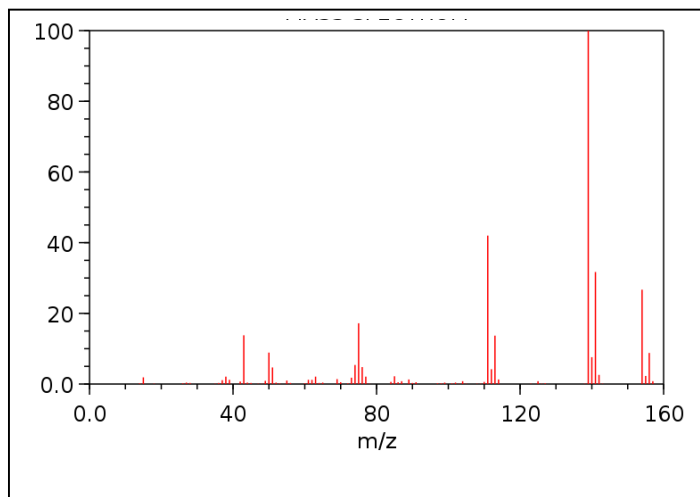




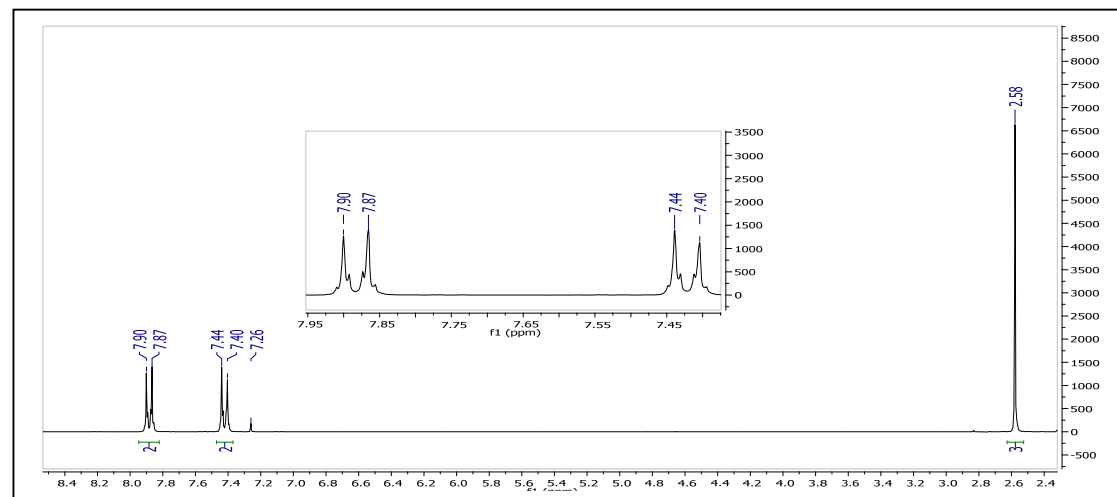
Formula empírica:  $C_8H_7ClO$

Solución:

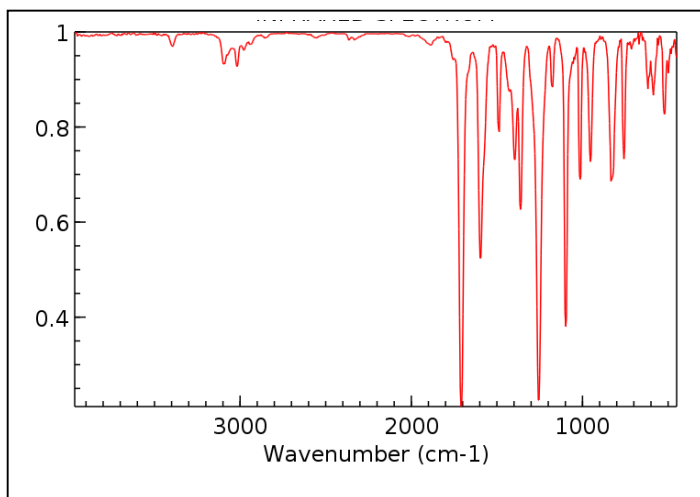
Espectro de Masas.



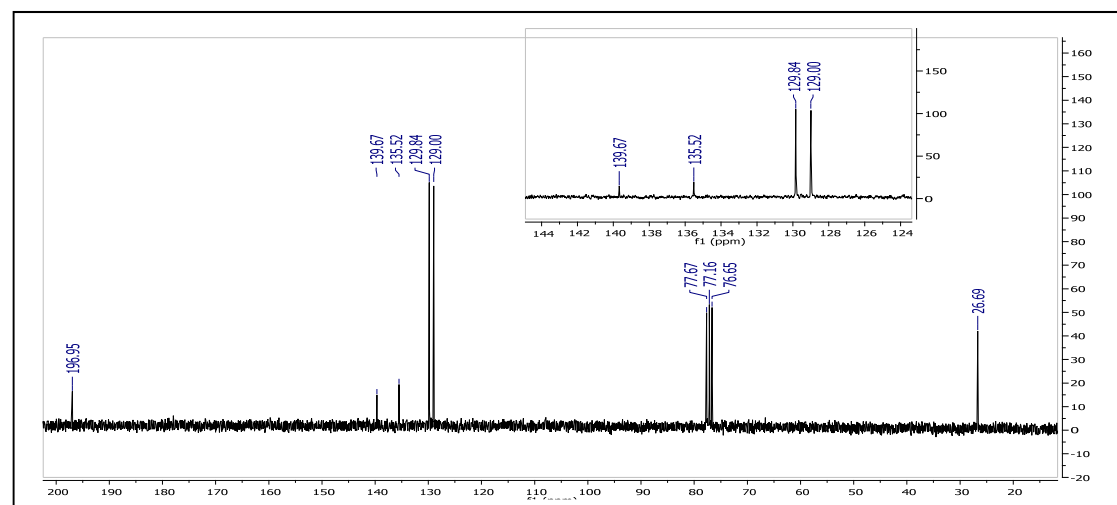
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

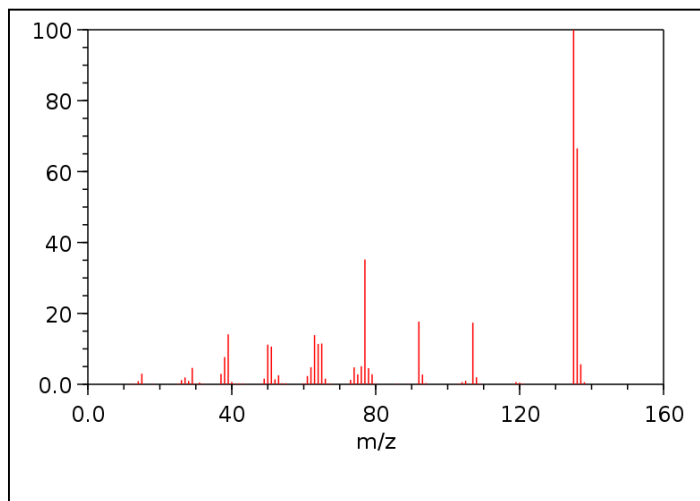




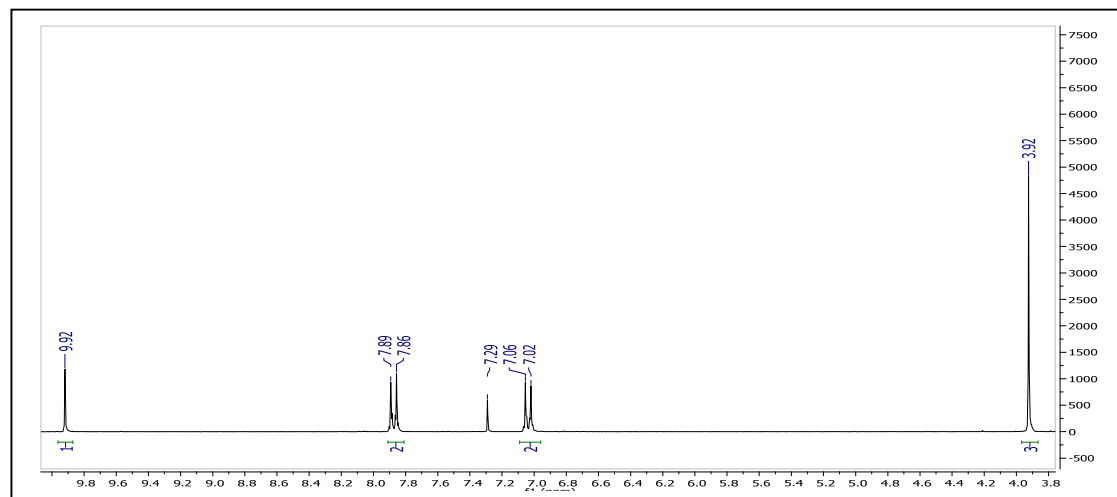
Formula empírica:  $C_8H_8O_2$

Solución:

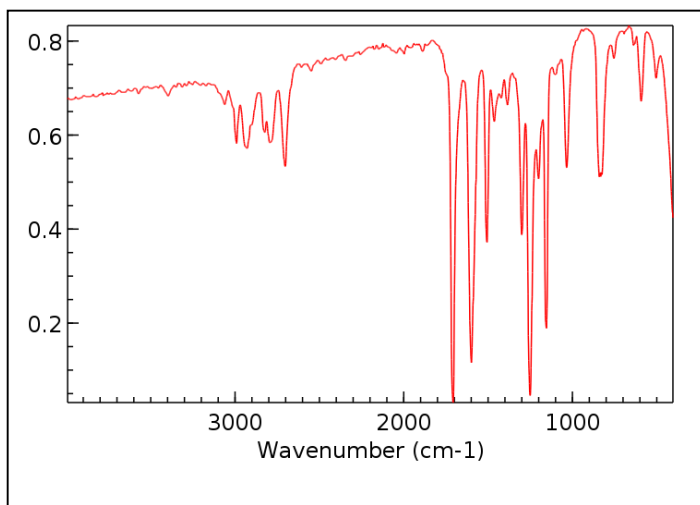
Espectro de Masas.



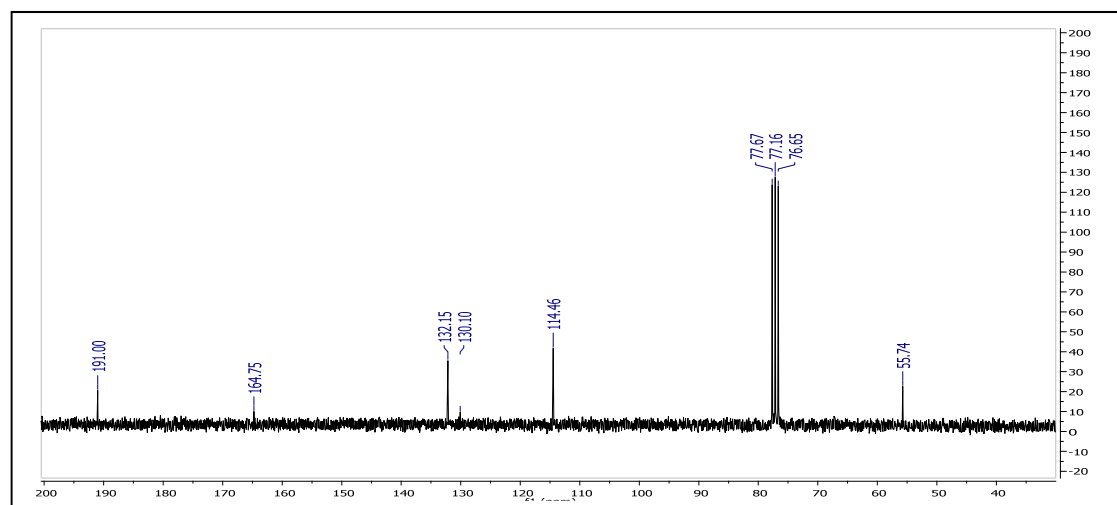
Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

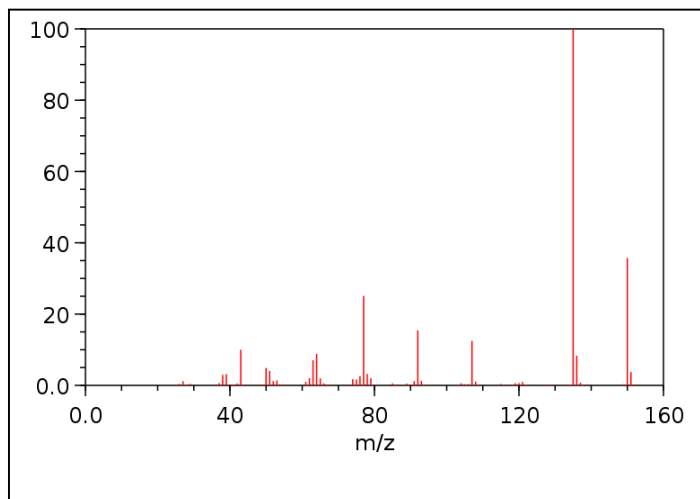




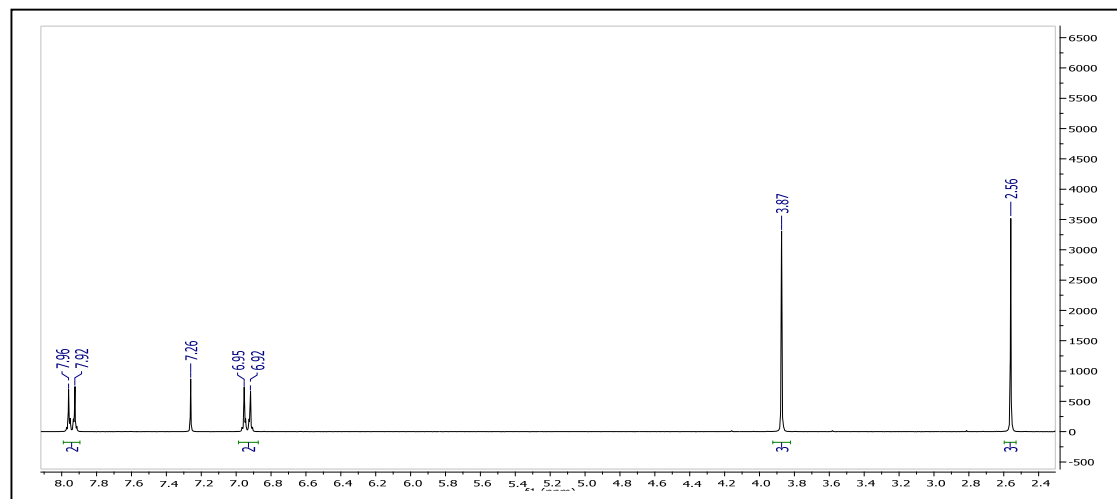
Formula empírica:  $C_9H_{10}O_2$

Solución:

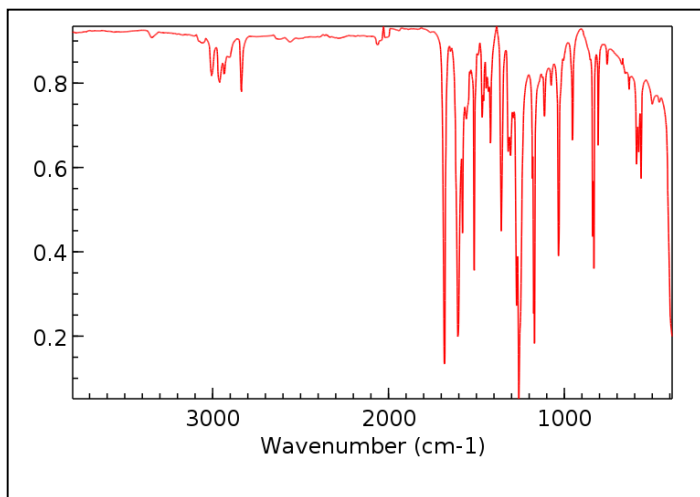
Espectro de Masas.



Espectro de RMN<sup>1</sup>H



Espectro de Infrarrojo.



Espectro de RMN<sup>13</sup>C

