

39  
29.1



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

Producción de ésteres a través de  
reacciones catalizadas por Ceratocystis  
fimbriata

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO FARMACÉUTICO  
BIÓLOGO

PRESENTA

Martínez Flores Elizabeth

México, Distrito Federal

261253

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo se desarrollo en:

- La Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M, en el laboratorio L-327 y en,
- La Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa, en el laboratorio T-166, bajo la supervisión de:

**♦ La M. en C. Leonora Sánchez García Figueroa**  
**Directora de Tesis**

y el

**♦ Q.F.B. Juan Manuel Sánchez Soto**  
**Asesor de Tesis**

*Agradeciendo infinitamente a ambos su apoyo, tiempo, confianza, paciencia, criterio y conocimiento en el desarrollo y culminación de uno de mis mayores retos.*

*Orgullosamente, partes de este trabajo se presentaron en los siguientes foros científicos:*

\* XII Congreso Nacional de Química Analítica  
Sede: Universidad Autónoma de Aguascalientes  
del 25 al 29 de agosto de 1997

\* XXX Congreso Nacional de Ciencias Farmacéuticas  
Sede: Cancún, Quintana Roo  
del 30 de noviembre al 4 de diciembre de 1997

El presente trabajo logro mejorar su nivel de calidad gracias al criterio y sugerencias de mis sinodales:

➤ PRESIDENTE:

Q. Samuel Sosol Mendez

➤ VOCAL:

M. en C. Leonora Sánchez García Figueroa

➤ SECRETARIO:

Q.F.B. Juan Manuel Sánchez Soto

➤ SUPLENTE:

Q.B.P. Dora Alicia Perez González

➤ SUPLENTE:

Q. Carlos Salvador Valadez Sánchez

Un maestro es un profeta, por cuanto que pone los cimientos del mañana...

También es un artista, por cuanto que la arcilla con que trabaja es el material precioso de la personalidad humana...

Es un amigo, porque su corazón responde a la fe y a la confianza que en el he depositado...

Es un creyente, todos sus actos se refieren a la fe en el mejoramiento constante de la mente, las facultades y la capacidad de la raza humana...

Agradezco su atención y tiempo dedicado al presente...



El presente trabajo esta dedicado...

A mi mami,

Marbella Flores Mandujano

A ti te debo tantas cosas, tantas que tal vez si intentara decirlas nunca terminaría. Siempre has sido mi guía, mi fiel compañera, eres hasta el inicio de mi vida.

Hoy quiero decirte una vez más gracias por ser mi mejor amiga, por darme lo que soy, por darme tu amor y cariño.

Sabes, hoy comienza otra etapa de mi existencia, hay un camino que aún no descifro y un destino que me espera, sin embargo, prometo seguir orgullosa la vereda, nunca bajar la mirada, nunca avergonzarme y nunca decepcionarte, siempre adelante, sin miedo como tu me has enseñado, sin rencor hacia la vida y segura de mi misma.

Caminare sin tristezas ni envidias, y si alguna vez me equivoco, no decaere porque siempre estaras ahí para entenderme y aunque ya lo sabes hoy quiero repetirlo con lagrimas en los ojos porque esto no ha cambiado y nunca cambiara

“Han pasado 22 años desde que senti mi corazón latir, han pasado 22 años desde que empeze a amarte a ti”

A ti te debo tantas cosas, tantas...

Gracias

Elizabeth

A mi papi,

Pedro Martínez López

Hoy en un día tan especial sería imposible olvidar a cada una de las personas que han contribuido a mis minutos de felicidad.

Esos minutos que sólo se logran con cariño, comprensión y apoyo, sentimientos que de mi padre he recibido.

Sería tan sencillo y común decir sólo gracias, tratar de englobarlo todo en una palabra, ¡que injusto! Pienso que es más noble demostrarlo, pienso que es más leal escucharlo, seguir sus consejos y aprender de él día con día.

Todas esas cosas he tratado de realizarlas, algunas veces con errores dominada por mi ego, sin embargo, sigo triunfante por el camino que él me ha marcado, con confianza y sin miedo alguno, ¿porqué habría de sentirlo? Si ese camino lo trazo una persona que jamás me haría daño, alguien que siempre estará conmigo, en el momento en el que yo lo necesite, alguien que sólo puede llamarse PADRE.

Gracias

Elizabeth

Con todo el amor y cariño del mundo este trabajo esta también dedicado...

- A mis hermanos: Rosy, Mary y Carlos, quienes con su apoyo y comprensión han logrado junto con mis padres que yo tenga el más grande tesoro: mi familia...
- A mis abuelitos, primos y tíos, quienes han hecho más grandes mis alegrías y satisfacciones...
- A mis compañeros de clase, amigos y enemigos, quienes han compartido conmigo momentos de triunfo, de fracaso, de oportunidades y decepciones y que gracias ha su existencia han fortalecido mi exterior e interior haciendo de mi un ser humano consciente de la importancia de la labor en equipo...
- A todos mis profesores con quienes comparti el conocimiento, haciendo de mi una profesionista que hoy culmina uno de sus grandes sueños, abriendo paso a otros, tal vez más difíciles, pero no imposibles de desarrollar...
- A mi ilusión... no importa si nuestras miradas nunca más vuelven a encontrarse y nuestras manos nunca más vuelven a sentirse y sabes porque, porque en cualquier lugar, en cualquier dimensión donde no importa la edad, la posición, los errores ni el tiempo tu eres y siempre serás mi ilusión...
- A Dios, que desde siempre me ha iluminado y que me ha dado vida para poder ver las consecuencias de mis hechos...

# Producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por Ceratocystis fimbriata

---

## A.-Introducción

---

La introducción es siempre la parte de un trabajo más difícil de escribir y en muchas ocasiones se convierte sólo en una tabla de contenido. Para muchas personas, la introducción debe ser escrita sólo cuando el trabajo ha sido culminado. Por lo tanto, lo que para el lector es el comienzo, para el autor es, en un sentido, la culminación de un largo y arduo trabajo.

El impacto económico de la biotecnología aplicada a la producción de aromas, sabores y potenciadores de sabor para su uso en alimentos se ha incrementado en forma muy importante siendo una de las áreas de mayor desarrollo en el presente y futuro cercanos. El término biotransformación se aplica a los procesos en donde se realiza la transformación de una molécula precursora en otra diferente mediante una serie limitada de reacciones enzimáticas.

Las enzimas han sido objeto de un intenso interés académico durante muchas décadas y han llegado a ser catalizadores industriales importantes. La tecnología enzimática ha mantenido una pugna para obtener las ventajas de dicha catálisis, tales como, estereoespecificidad y altos rendimientos, y la superación de desventajas inherentes como su estabilidad.

Por tanto, la aplicación de las enzimas a la industria es un compromiso entre lo científico, lo tecnológicamente posible y lo comercialmente deseable. En la actualidad, este esfuerzo para aplicar nuestros conocimientos bioquímicos y microbiológicos es muy similar a los de la química a finales del último siglo cuando se estaban explotando sus potenciales aplicaciones industriales, dando como resultado la ingeniería química y una multitud de nuevas industrias.

Hasta hace algunos años, la literatura sostenía que las enzimas trabajaban sólo en soluciones acuosas. Esto no es así. Se ha demostrado mediante estudios previos que las lipasas en forma libre, inmovilizada o dentro de las células presentan actividad en sistemas orgánicos, incluso superior a la presentada en sistemas acuosos. Las lipasas catalizan reacciones de esterificación, proceso que es prácticamente imposible de llevar a cabo en presencia de agua.

*Ceratocystis fimbriata*, hongo filamentoso de poca incursión industrial, contiene dichas enzimas y mediante este trabajo experimental se ha demostrado que tiene la capacidad de sintetizar ésteres bajo condiciones de reacción definidas, favoreciendo los rendimientos en síntesis biorgánica y trayendo como consecuencia que en un futuro puedan ser consideradas para la síntesis industrial de dichos compuestos.

No se espera que se pueda aplicar universalmente y con éxito este catalizador en una síntesis indefinida de ésteres. Lo ideal sería el empleo de un amplio rango de catalizadores biológicos adecuados para la industria no sólo provenientes de *Ceratocystis fimbriata*, algunos de los cuales pudieran utilizarse fácilmente para cualquier objetivo particular. Con un mayor conocimiento de técnicas de inmovilización y crecimiento, y una mayor valoración de las ventajas en el momento de emplear a las enzimas y células, se deberían esperar muchas más aplicaciones prácticas de dichos catalizadores.

## Tabla de contenido

A- Introducción.....	8
I- Fundamentación teórica.....	13
1.- ¿Qué es la biotecnología? .....	14,15
2.- Biotecnología Industrial .....	15
3.- Sustancias aromáticas .....	16
3.1.- Historia.....	16
3.2.- Definición.....	16
3.3.- Importancia fisiológica.....	17
3.4.- Productos naturales, productos idénticos a los naturales y productos artificiales.....	17
3.5.- Aroma y estructura.....	17
3.6.- Volatilidad.....	17
3.7.- Umbral de concentración del aroma.....	18
3.8.- Descripción del aroma.....	18
4.- Generación de aromas.....	18,19
5.- Manufactura de los aromas.....	19
6.- Ingredientes sintéticos en los alimentos.....	19
6.1.- Ingredientes aromáticos sintéticos.....	20
6.1.1.- Clasificación.....	20
6.1.2.- Ingredientes aromáticos sintéticos en el futuro.....	21,22
7.- Productos químicos relacionados con el aroma.....	22
7.1.- Metilcetonas.....	22
7.2.- Diacetilo.....	23
7.3.- Ácido butírico.....	23
7.4.- Ésteres.....	23
8.- Síntesis microbiana de nuevos aromas.....	23,24
8.1.- Lactonas.....	24
8.2.- Compuestos bencénicos.....	24
8.3.- Terpenos.....	25
8.4.- Alcoholes y ésteres.....	25
9.- Análisis de los aromas.....	25,26
9.1.- Cromatografía de gases y su importancia en la detección de aromas.....	27
10.- Biotransformaciones microbianas.....	27
10.1.- Ventajas de las bioconversiones.....	28
10.1.1.- Especificidad.....	28
10.1.2.- Altos rendimientos.....	28
10.2.- Métodos de las biotransformaciones.....	28,29
11.- Biocatálisis.....	29
11.1.- Definición y clasificación.....	29,31
11.2.- Biocatálisis enzimática.....	31-33
11.3.- Enzimas que trabajan en disolventes orgánicos.....	33
11.4.- Efectos del agua y disolventes orgánicos en la catálisis enzimática en sistemas microacuosaos.....	34
11.4.1.- Sistemas microacuosaos.....	35
11.4.1.1.- Enzimas en sistemas microacuosaos.....	35,36
11.4.1.2.- Ventajas de los sistemas microacuosaos.....	36,37
11.4.1.3.- Ingeniería biocatalizadora.....	37

11.4.2.- Rigidez conformacional y memoria proteica .....	37,38
11.4.2.1.- El concepto de pH .....	38
11.4.3.- Correlación de la función enzimática con la naturaleza del sistema de reacción .....	38
11.4.3.1.- Ingeniería del sistema de reacción .....	39,40
11.5.- Propiedades de la enzima en disolventes orgánicos .....	40
11.5.1.- Especificidad del sustrato .....	40
11.5.2.- Estereoespecificidad .....	40
11.5.3.- Estructura .....	41
11.5.4.- Termoestabilidad .....	41
11.6.- Enzimas catalizadoras en la síntesis de ésteres .....	41
11.6.1.- Propiedades de las lipasas .....	41,42
11.6.2.- Reacciones catalizadas por lipasas .....	43-45
11.6.3.- Síntesis química de ésteres .....	45,46
11.6.4.- Otras enzimas en disolventes orgánicos .....	46,47
11.7.- Aplicaciones de la enzimología acuosa .....	47
12.- Ésteres y sus propiedades .....	48-53
13.- Hongos filamentosos y su importancia industrial .....	54
13.1.- Características generales de <i>Ceratocystis fimbriata</i> .....	54
13.1.1.- Orden microascales .....	55
13.1.1.1.- Familia Microascáceas .....	55
13.1.1.2.- Familia Ofiostomatáceas .....	55,56
II.- Planteamiento del problema .....	57,58
III.- Objetivos .....	59,60
IV.- Hipótesis .....	61,62
V.- Metodología .....	63
1.- Material .....	64,65
2.- Procedimiento .....	66
2.1.- Parte microbiológica .....	66
2.1.1.- Mantenimiento de la cepa .....	66
2.1.2.- Preparación del inóculo .....	66
2.1.3.- Cosecha y obtención de esporas y micelio .....	66
2.1.3.1.- Conteo de esporas .....	66,67
2.1.3.2.- Obtención de micelio en la fase de meseta .....	67
2.1.3.2.1.- Preparación del medio de cultivo .....	67
2.1.3.2.2.- Tamaño del inóculo .....	68
2.1.3.3.- Preparación de micelio y esporas de <i>Ceratocystis fimbriata</i> .....	68
2.2.- Parte biorgánica .....	68
2.2.1.- Síntesis del éster .....	68
2.2.1.1.- Etapa 1: Reacciones nivel tubo de ensayo con esporas como biocatalizador .....	68,69
2.2.1.1.1.- Síntesis biorgánica .....	70
2.2.1.1.1.1.- Preparación de hidróxido de sodio 0.02N ...	70
2.2.1.1.1.2.- Preparación del indicador fenolfaleína .....	71
2.2.1.1.1.3.- Prueba del hidroxamato férrico .....	71
2.2.1.2.- Etapa 2: Reacciones nivel matraz con micelio y esporas como biocatalizadores .....	71,72
2.2.1.2.1.- Proceso de purificación .....	72
2.2.1.2.1.1.- Proceso de purificación para acetato de metilo y acetato de etilo .....	72

2.2.1.2.1.2.- Proceso de purificación para los ésteres restantes.....	73
2.2.1.2.2.- Caracterización.....	73
2.2.1.2.2.1.- Punto de ebullición.....	73
2.2.1.2.2.2.- Espectrometría de masas.....	73
2.2.1.2.2.3.- Espectroscopía de infrarrojo.....	73
2.2.1.2.2.4.- Tiempo de retención.....	73
2.2.1.2.2.5.- Propiedades organolépticas.....	73
<b>VI.- Resultados</b> .....	<b>74</b>
1.- Etapa 1: Reacciones nivel tubo de ensaye empleando esporas como biocatalizador.....	75
1.1.- Efecto del tiempo de reacción-relación molar.....	75-77
1.2.- Efecto temperatura-relación molar.....	77-79
1.3.- Efecto longitud de la cadena de alcohol-relación molar.....	80-82
1.4.- Efecto longitud de cadena de ácido-relación molar.....	82-84
1.5.- Relación estadística sistema orgánico-relación molar.....	85
1.6.- Relación estadística sistema orgánico-longitud de la cadena de alcohol.....	86
1.7.- Relación estadística sistema orgánico-longitud de la cadena de ácido.....	86,87
2.- Etapa 2: Reacciones nivel matraz empleando esporas y micelio como biocatalizadores.....	88
2.1.- Reacciones de esterificación empleando esporas como biocatalizador.....	88-92
2.2.- Reacciones de esterificación empleando micelio como biocatalizador.....	88-92
2.3.- Reacciones de esterificación empleando esporas en reuso como biocatalizador.....	93-99
2.4.- Reacciones de esterificación empleando micelio en reuso como biocatalizador.....	93-99
2.5.- Reacciones de esterificación sin biocatalizador.....	100-106
2.6.- Método por valor ácido para la obtención de porcentos de esterificación.....	100-106
3.- Análisis microscópico.....	107-109
<b>VII.- Análisis de resultados</b> .....	<b>110</b>
1.- Análisis del efecto del tiempo de reacción empleando esporas como biocatalizador.....	111
2.- Análisis del efecto de la temperatura empleando esporas como biocatalizador.....	111-112
3.- Análisis del efecto de la relación molar empleando esporas como biocatalizador.....	112-113
4.- Análisis del efecto del sistema orgánico empleando esporas como biocatalizador.....	114-115
5.- Análisis del efecto del biocatalizador empleando esporas y micelio recién obtenidos y en reuso.....	115-116
<b>VIII.-Conclusiones</b> .....	<b>117-119</b>
<b>IX.- Recomendaciones</b> .....	<b>120-122</b>
<b>X.- Anexos</b> .....	<b>123</b>
X.I.- Anexo a: Porciento de esterificación por valor ácido.....	124
1.- Efecto del tiempo de reacción/relación molar/sistema orgánico empleando esporas como biocatalizador.....	125-191



2.- Efecto de la temperatura/relación molar/sistema orgánico empleando esporas como biocatalizador.....	192-197
X.II.- Anexo b: Análisis estadístico .....	198
1.- Análisis de varianza de dos factores en el diseño completamente aleatorio.....	199
1.1.- Modelo estadístico .....	199,200
1.2.- Factor fijo y factor aleatorio .....	201
2.- Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por <i>Ceratocystis fimbriata</i> .....	202
2.1.- Estudio del efecto sistema orgánico-relación molar.....	203-220
2.2.- Estudio del efecto sistema orgánico-longitud de la cadena de alcohol .....	221-236
2.3.- Estudio del efecto sistema orgánico-longitud de la cadena de ácido.....	237-267
X.III.- Anexo c: Comparación con síntesis química y otros métodos Biotecnológicos .....	268
1.- Síntesis orgánica.....	269-272
2.- Métodos biotecnológicos.....	272,273
X.IV.- Anexo d: Ésteres y su caracterización .....	274
1.- Punto de ebullición.....	275
2.- Espectroscopía de infrarrojo.....	275
3.- Espectrometría de masas .....	275
4.- Tiempo de retención .....	276
5.- Propiedades organolépticas.....	276
6.- Ésteres y su caracterización.....	277-312
XI.- Referencias bibliográficas.....	313-319

# SECCION I

---

---

## Fundamentación teórica

---

---

“Nunca consideres el estudio como un deber, sino como una oportunidad para penetrar en el maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

---

## 1.- Fundamentación teórica

---

---

### 1.-¿Qué es la BIOTECNOLOGÍA?

---

Un nuevo campo científico, la biotecnología, se ha cristalizado y desarrollado rápidamente durante los últimos 15 años. En 1981 la Federación Europea de Biotecnología definió a esta rama de la ciencia como " el uso integrado de la bioquímica, microbiología e ingeniería química para llevar a cabo aplicaciones tecnológicas que involucran la capacidad de los microorganismos y células de cultivo de tejidos". De acuerdo a esta definición, la biotecnología involucra las tres grandes disciplinas de la microbiología, la bioquímica/química y la ingeniería química/tecnología química.

El espectro de la biotecnología abarca desde la producción de alimentos fermentados y productos químicos como los antibióticos, enzimas, etanol, ácido cítrico y vitamina B<sub>12</sub>, hasta el cultivo de células, el tratamiento de aguas residuales y muchas otras actividades como la producción de energía y la fijación de nitrógeno.<sup>1,3</sup>

A partir de los años 70 el uso de aditivos en la industria alimentaria se ha intensificado significativamente en nuestro país. Se han seguido lineamientos establecidos por los países industrializados quienes, con el uso de estos productos, han buscado una homogeneidad en la calidad de sus diferentes materias primas. La incorporación de aditivos ha aportado enormes ventajas, particularmente en el terreno económico. El avance en el conocimientos de los sabores y los aromas de los alimentos ha permitido la creación de nuevos productos.

La aceptación en el mercado de este tipo de productos adicionados ha seguido una tendencia, siempre creciente, apoyándose en grandes compañías de mercadotecnia y publicidad. Estos cambios en el patrón de consumo tradicional, han propiciado una rápida obsolescencia de productos de consumo corriente y , por lo tanto, han favorecido una fuerte competencia en el desarrollo de nuevos productos. La lista de aditivos, relacionados con las propiedades organolépticas, en la industria de los alimentos incluye a los saborizantes, los aromas, texturizantes y antioxidantes.

Las proporciones de sustitutos a incorporar en los alimentos son una función directa de la calidad y variedad de los aditivos disponibles, en esto radica la importancia de los aromas, saborizantes y potenciadores de los sabores. En otras palabras, independientemente de las propiedades nutricionales y la seguridad toxicológica o de las ventajas económicas de un alimento, la primera respuesta del consumidor siempre es de tipo hedonista: ¿se ve bien? ¿sabe bien?. Si no se manejan criterios acertados de color, aspecto, textura o empaque, difícilmente se lograrán los objetivos comerciales deseados.<sup>4</sup>

Como es de notarse el éxito o fracaso de cualquier producto alimenticio es a menudo la consecuencia directa de las reacciones del consumidor a su sabor. Por consiguiente, resulta obvio, que el más completo conocimiento de lo que es el sabor y el aroma, es necesario para cualquier individuo u organización que desempeñe un papel en la industria alimenticia o en industrias conexas. Aún no se ha determinado con exactitud como se percibe el sabor y el aroma, sin embargo se sabe mucho al respecto.<sup>3</sup>

Se conoce también que el gusto es tan sólo uno de los componentes del "flavor". El tacto es otro. Tenemos profunda conciencia de la textura y la temperatura. Nos damos cuenta de que una sustancia irrita, adormece, estringe, arde o causa otras sensaciones. Existe otro aspecto tal vez el más importante del "flavor", el aroma. Se ha estimado que se pueden distinguir por lo menos 10,000 olores diferentes.<sup>4</sup>

En la mayoría de la literatura se maneja el término flavor tal cual ya que no existe aún ninguna traducción exacta de la misma; algunas personas lo traducen como "sabor" pero no es correcto, ya que el sabor al igual que el aroma es sólo un componente del flavor. De hecho el aroma y el sabor siempre se definen de manera conjunta como una combinación de gustos y olores que pueden recibir una influencia directa de sensaciones de dolor, calor y frío; también se ha destinado como una experiencia más total o unitaria que surge de la estimulación de los sentidos. Para objetos de este estudio la palabra "flavor" se traduce como aroma.<sup>2,3</sup>

---

---

## ***2.- Biotecnología industrial***

---

---

Dentro de la industria de los aromas, la biotecnología juega actualmente uno de los papeles más importantes.

Las áreas en las cuales la biotecnología tiene un mayor impacto específicamente en el área de los aromas se enlistan a continuación:

- a) La producción de ingredientes aromatizantes naturales. Actualmente hay una gran demanda de ácidos alifáticos naturales y de sus "ésteres naturales" del alcohol etílico y alcohol amílico.
- b) La producción de aromatizantes completos o parciales, por ejemplo los que se obtienen en sistemas de fermentación seguidos de métodos físicos de concentración.
- c) Incremento de los rendimientos de aceites esenciales por el uso de ENZIMAS en el proceso.
- d) Clonación de plantas para la obtención de rendimientos máximos de metabolitos secundarios. Hay ejemplos conocidos en frutas, especias y hierbas tradicionales donde con híbridos y condiciones específicas de crecimiento se obtienen resultados excepcionales.
- e) Etapas químicas específicas que producen economías en la producción de aromas químicos muy caros.
- f) Modificación de sistemas de fermentación tradicionales para incrementar la intensidad del aroma y por consiguiente pueda utilizarse directamente sin necesidad de concentrarlo.
- g) Metabolitos secundarios de cultivos de tejidos de células vegetales in vitro, esto es la transferencia del proceso de crecimiento de las plantas del campo al laboratorio.<sup>1,4</sup>

---

---

## 3.- Substancias aromáticas

---

---

### 3.1.- Historia

Desde la antigüedad, las resinas de fuentes animales y vegetales se han utilizado ampliamente tanto en perfumería como en la industria de los sabores. Los materiales fragantes y aromáticos varían y van desde mezclas complejas hasta un sólo componente químico. La historia comienza cuando se descubre que los componentes característicos del aroma de los productos naturales podían enriquecerse por métodos simples. Recetas para llevar a cabo extracciones y destilaciones surgieron incluso desde tiempos precristianos.<sup>1</sup>

Aunque las técnicas de destilación se mejoraron particularmente en el siglo IX después de Cristo por los árabes, la producción y aplicación de estos conocimientos permaneció sin ningún cambio por siglos. El desarrollo sistemático comenzó en el siglo XIII cuando las farmacias empezaron a preparar los llamados "aceites curativos" y más tarde registraron las propiedades y efectos fisiológicos de estos compuestos en las farmacopeas. Muchos aceites esenciales empleados en perfumería fueron preparados originalmente por destilación en farmacias en los siglos XVI y XVII. Otro paso importante en la historia de los materiales fragantes naturales se presentó en la primera mitad del siglo XIX, cuando la producción de aceites esenciales fue industrializada debido a la demanda creciente de estos aceites para la industria de los sabores y de los perfumes.<sup>2</sup>

Alrededor de 1850 también se emplearon compuestos orgánicos para los mismos objetivos. Este desarrollo trajo como consecuencia el aislamiento del cinamaldehído del aceite de canela en 1834 y el aislamiento del benzaldehído de la mantequilla en 1837. El primer aceite aromático sintético se presentó entre 1845 y 1850. Consistía de ésteres ácidos de bajo peso molecular sintetizados por la industria química debido a su aroma frutal. Posteriormente siguió el salicilato de metilo. El número de compuestos químicos fragantes y aromatizantes sintetizados artificialmente se expandió continuamente como resultado de una investigación sistemática de aceites esenciales y fragancias complejas de compuestos odoríferos. Inicialmente sólo se aislaron los mayores componentes de los productos naturales, se identificó su estructura y se desarrollaron procesos para su aislamiento y/o síntesis. La tendencia actual sin embargo es aislar e identificar sustancias fragantes y aromáticas presentes en la naturaleza sólo en pequeñas cantidades. La identificación de la estructura y aislamiento de estos componentes requiere el uso de técnicas sofisticadas de cromatografía y espectroscopía.<sup>1,2,162</sup>

### 3.2.- Definición

Las sustancias aromáticas y fragantes son compuestos orgánicos con un aroma muy penetrante y generalmente agradable. Estos compuestos se emplean en perfumes y productos perfumados así como en saborizantes de alimentos y bebidas. Si un producto en particular se denomina sustancia fragante o aromática dependerá si es utilizada en perfumería o en la industria de los sabores. Las fragancias y los aromas son mensajeros químicos, siendo sus receptores las células olfatorias en la nariz y en menor extensión las células del gusto en la lengua.<sup>2</sup>

### 3.3.- Importancia fisiológica

Las señales químicas son indispensables para la sobrevivencia de diversos microorganismos, los cuales emplean quimiorreceptores para detectar enemigos y objetos extraños, para buscar alimento y para encontrar a los miembros del sexo opuesto ( feromonas ). Estas funciones no son tan vitales para los humanos ya que es evidente el menor número de receptores que presentan en comparación con otros mamíferos. Sin embargo, los humanos tenemos la habilidad de detectar aromas y la conducta humana puede indudablemente ser afectada por las fragancias y los aromas.<sup>4</sup>

La información sensorial obtenida de la interacción de las moléculas aromáticas con los receptores de sabores y aromas se procesa en áreas cerebrales definidas, teniendo como resultado la percepción. Un compuesto químico sólo puede transmitir la información, pero generalmente se necesita una combinación de compuestos. Aunque la aceptación de un alimento por parte de los humanos esta determinada principalmente por la apariencia y textura, el aroma también es importante.<sup>2,4</sup>

### 3.4.- Productos naturales, productos idénticos a los naturales y productos artificiales

Los productos naturales se obtienen directamente de las fuentes animales o vegetales por procedimientos físicos. Los compuestos idénticos a los naturales son compuestos producidos sintéticamente pero químicamente idénticos a su contraparte natural. Las sustancias aromáticas artificiales son compuestos que aún no han sido identificados en productos animales o vegetales para consumo humano. Alcoholes, aldehídos, cetonas y ésteres son la clase de compuestos que se encuentran con mayor frecuencia en fragancias artificiales y naturales.<sup>2,3</sup>

### 3.5.- Aroma y Estructura

Pueden presentarse similitudes entre diferentes aromas debido a que una mezcla de compuestos puede interaccionar con los receptores para crear impresiones similares en los centros sensoriales del cerebro. Este grupo de fragancias ( generalmente cetonas y ésteres macrocíclicos así como compuestos nitroaromáticos ) son, por ejemplo, compuestos con aromas similares pero con estructuras totalmente diferentes. Pequeños cambios en la estructura ( por ejemplo la introducción de uno o más enlaces dobles en alcoholes y aldehídos ) pueden alterar la impresión sensorial o intensidad del aroma.

Incrementando el conocimiento de la estructura y función de los receptores olfatorios se puede proporcionar una base científica más sólida para la correlación de la estructura y aroma en las sustancias fragantes y aromáticas y facilitar una predicción del aroma de compuestos hasta ahora desconocidos.<sup>2</sup>

### 3.6.- Volatilidad

Las fragancias deben ser volátiles para poder percibirse. Por lo tanto, además de la naturaleza de los grupos funcionales y la estructura molecular de un compuesto, la masa molecular también es importante. Los compuestos fragantes difieren en volatilidad, el aroma de una composición perfumada cambia durante la evaporación. La percepción del aroma también depende en gran parte de la intensidad de este.<sup>2</sup>

### 3.7.- Umbral de concentración del aroma

Debido a la especificidad de los receptores olfatorios, algunos compuestos pueden percibirse en concentraciones extremadamente bajas presentando diferencias significativas en los umbrales de concentración. El umbral de concentración se define como la concentración más baja a la cual un compuesto químico puede distinguirse con certeza de un blanco bajo las mismas condiciones. Algunas fragancias y aromas se producen en cantidades muy bajas ( pocos kilogramos por año ) mientras que otros se producen en toneladas.<sup>3</sup>

La contribución relativa de un compuesto en particular ( su valor aromático ) para la impresión del aroma de una composición puede expresarse como la relación existente entre la concentración del compuesto en la mezcla y su umbral de concentración, considerando que los umbrales de concentración no se afectan por la presencia de otras fragancias y compuestos aromáticos.<sup>1-4</sup>

### 3.8.- Descripción del aroma

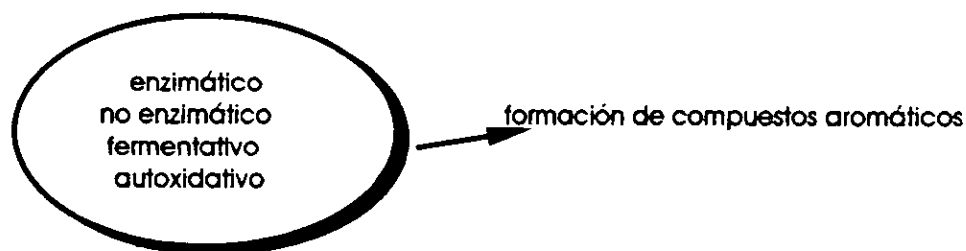
El aroma de un compuesto químico es extremadamente difícil de describir sin cometer errores. Es imposible describir el aroma de mezclas complejas, excepto cuando el aroma de alguno de los componentes es el característico y determina el aroma de la composición. Aunque no es posible realizar una definición objetiva, el aroma puede describirse por adjetivos como : floral, frutal, balsámico, etc., que relacionan las fragancias u otros compuestos conocidos con aromas similares.

A continuación se describen algunos términos aplicados a los aromas:

- animalico: aroma a castor, almizcle
- balsámico: aroma a vainilla, canela, coco
- cítrico: aroma a frutas ácidas como el limón o la naranja.
- terroso: aroma a tierra húmeda.
- floral: aroma a diversas flores
- frutal: aroma de varias frutas.
- herbáceo: aroma a hierba, como eucalipto,
- medicinal: aroma a desinfectantes como fenol, lisol, salicilato de metilo.
- metálico: aroma típico de superficies metálicas de acero o latón.
- ceroso: aroma a cera de vela
- musgoso: aroma a bosque y algas marinas.<sup>2</sup>

## 4.- Generación de aromas

Es de suma importancia entender la generación de aromas en los alimentos. Se han reconocido cuatro métodos de generación:



Con la formación enzimática es importante conocer de primera instancia de cual ciclo metabólico se está originando el aroma y, por consiguiente el compuesto en cuestión. Los ciclos metabólicos más importantes son aquellos que involucran a los ácidos grasos, los aminoácidos, los carbohidratos y los terpenoides ( los últimos considerados como metabolitos secundarios ).

La generación de compuestos aromáticos a través de la reacción de Maillard ( o de caramelización ) se describe como una formación no enzimática. La reacción de Maillard es caracterizada como una reacción térmica de azúcares reductores con un aminoácido. Por lo tanto se forman un gran número de sustancias.<sup>1-4</sup>

La formación fermentativa abarca los procesos clásicos tales como la producción de queso, la fermentación de vino y la biotecnología moderna. Los procesos modernos de biotecnología permiten la obtención de productos de alto valor a partir de una ruta altamente específica.

Por último, la formación autoxidativa es la menos deseada, ya que esta formación es un indicativo del deterioro de los alimentos y actúa como signo de amenaza en contra de su consumo.

Químicamente, toman lugar reacciones de radicales con oxígeno lo que produce ácidos carboxílicos de cadena corta, aldehídos y cetonas responsables de la rancidez. Estas reacciones ocurren especialmente con ácidos grasos poliinsaturados como substratos.<sup>4,88</sup>

---

---

## 5.- Manufactura de aromas

---

---

Hay diversos métodos para obtener los aromas: tomar la sustancia directamente de su fuente natural, ya sea por extracción, destilación por arrastre de vapor, entre otras, y/o producir el aroma por síntesis química. Dependiendo del método elegido, se aplican un determinado número de criterios.

Para la producción sintética de un compuesto, deben considerarse las siguientes condiciones:

- a) Conocer la estructura química del compuesto aromático deseado.
- b) El costo de la compra de las materias primas no debe exceder un cierto límite. Más específicamente, el costo de la utilización ( esto es, el precio del kilogramo combinado con la dosis empleada ).
- c) La situación legal debe ser clara. Deben considerarse las regulaciones nacionales. En la mayoría de los países es fácil introducir aromas sintéticos si el compuesto se ha identificado en uno o más alimentos comunes.<sup>2,4</sup>

---

---

## 6.- Ingredientes sintéticos en los alimentos

---

---

La necesidad de contar con compuestos aromáticos preparados sintéticamente proviene del hecho de que la pérdida del aroma en ciertos alimentos durante el almacenamiento es inevitable. Estas pérdidas pueden ser compensadas adicionando productos aromáticos elaborados sintéticamente. Aunado a esto, los compuestos aromáticos sintéticos tienen la ventaja de estar disponibles en la cantidad y calidad requerida.



Una calidad constante permite la estandarización los aromas. Los productos obtenidos sintéticamente hacen posible la estandarización variando las porciones de cada uno de los componentes y creando, por lo tanto, nuevos aromas.<sup>162</sup>

En una descripción de este vasto campo, es necesario establecer algunas definiciones. Todas las sustancias que se adicionan a los alimentos se denominan ingredientes, esto es, aromatizantes, saborizantes, colorantes, emulsificantes, sales, etc. Se puede distinguir entre ingredientes naturales y sintéticos de acuerdo a su origen.

Para ilustrar la relación existente entre la percepción sensorial que involucra el sabor, el aroma y el gusto, por un lado, y los parámetros relacionados a la estructura química tales como volatilidad y peso molecular por el otro, existen ejemplos como los presentados en la tabla 1. Esta tabla se centra principalmente en los compuestos volátiles, a los cuales pertenecen los ésteres, omitiendo los ingredientes polares y no volátiles, los cuales son responsables del sabor.<sup>4</sup>

Tabla 1.-Clasificación de los ingredientes alimenticios.<sup>4</sup>

Alta	Aroma, sabor	< 150	Ésteres, cetonas, heterociclos simples.
Baja	Sabor, aroma	< 250	Amidas, ácidos carbónicos
Nula	Sabor	50 a 10000	Azúcares, sales, aminoácidos, ácidos nucleicos.
Nula	Gusto	> 5000	Almidón, péptidos
Nula	Desconocido	> 10000	Biopolímeros

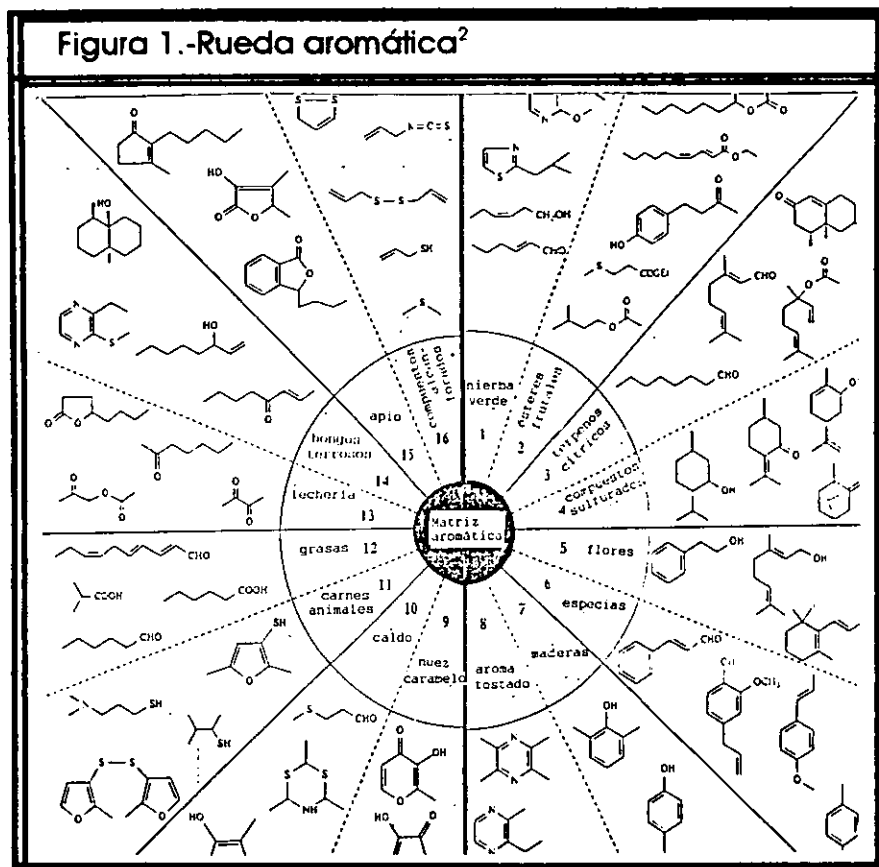
## 6.1.- Ingredientes aromáticos sintéticos

### 6.1.1.- Clasificación

Las razones para el uso de ingredientes aromáticos sintéticos son básicamente las mismas que para el uso cualquier ingrediente ( incremento, reemplazo, precio económico, variación, enmascaramiento, etc.). Los ingredientes aromáticos sintéticos cubren un amplio rango de sustancias orgánicas pero no se ha establecido una relación obvia entre la estructura y las propiedades aromáticas del compuesto.

Algunos componentes de estructura similar tienen también aromas similares pero hay muchas excepciones.

La opinión de personas "expertas en aromas" ha establecido que la misma molécula puede ser percibida de forma diferente a distintas concentraciones. Otra manera posible de clasificar a los aromas es en grupos con características aromáticas similares como se muestra en la figura 1. El mismo componente que pertenece a un grupo determinado puede ser empleado en la producción de aromas muy diferentes. Cerca de 2000 ingredientes sintéticos se conocen en la actualidad y pueden emplearse en la composición de los aromas, la mayoría identificados a partir de su fuente natural. Un pequeño número aún no se ha encontrado en la naturaleza pero se ha reconocido como seguro y, por lo tanto, se permite su uso en la mayoría de los países.<sup>2</sup>

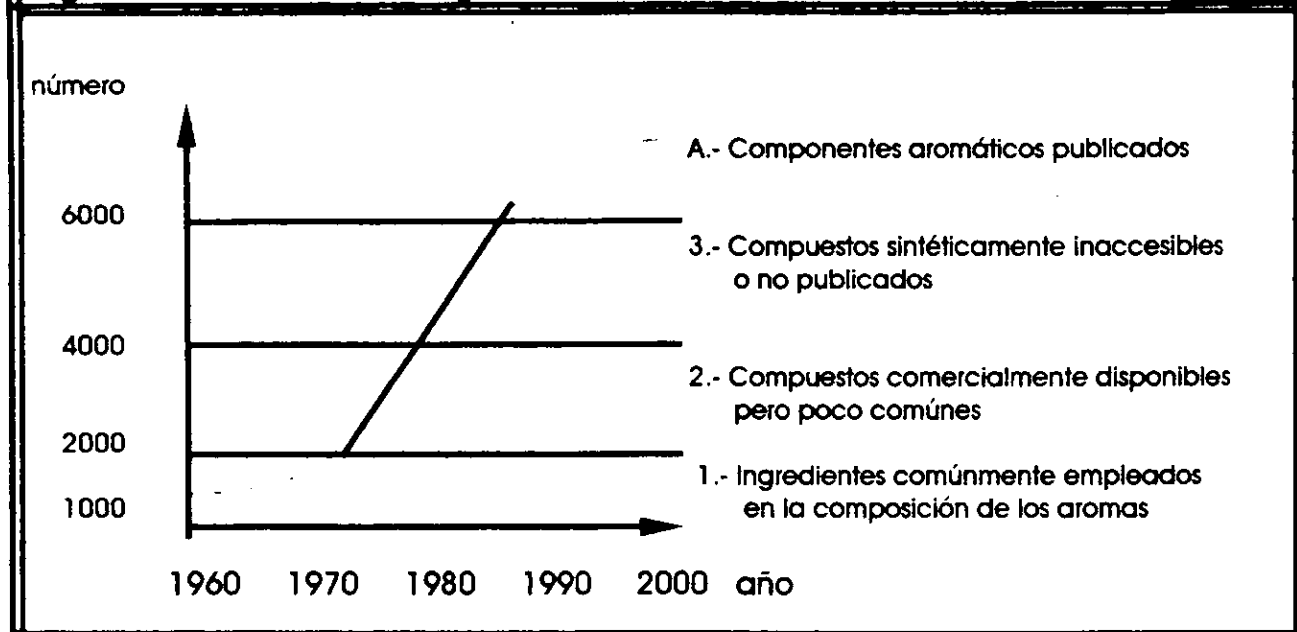


### 6.1.2- Ingredientes aromáticos sintéticos en el futuro

Los ingredientes aromáticos sintéticos permanecerán y serán más útiles, por diversas razones, en el futuro más que en la actualidad. La figura 2 muestra el incremento en el número de compuestos aromáticos identificados en alimentos y bebidas en los últimos 40 años. El mayor incremento se observa entre 1965 y 1985 debido al desarrollo de nuevas técnicas analíticas como cromatografía de gases y cromatografía de líquidos de alta resolución.<sup>4</sup>

El uso de estos compuestos ( curva A ) como agentes aromáticos potenciales depende principalmente del conocimiento de sus propiedades sensoriales, su disponibilidad comercial y su toxicidad. Esta es una de las razones por la cual sólo un número pequeño de estos compuestos puede ser empleado en la industria de los aromas.

Aunque este número esta creciendo constantemente, nunca se alcanzará el máximo potencial, el cual representa aproximadamente dos terceras partes de todas las sustancias aromáticas hasta ahora conocidas. Un mejor entendimiento de la conducta e interacciones de los compuestos ( aislados o en mezclas ) parece ser crucial y esencial para el futuro.<sup>1,2,4</sup>

Figura 2.-Desarrollo de los ingredientes aromáticos encontrados en alimentos.<sup>4</sup>

## 7.- Productos químicos relacionados con el aroma

La evolución de los diferentes métodos de producción, en la actualidad tiende mucho hacia el campo de la biotecnología de los aromas, es decir, hacia la producción de compuestos específicos en lugar de utilizar mezclas complejas. Algunos de los compuestos más importantes que pueden producirse con técnicas relacionadas con la biotecnología incluyen: las metilcetonas, diacetilo, el ácido butírico y desde luego los ésteres.<sup>3</sup>

### 7.1.- Metilcetonas



Estas sustancias son responsables del aroma característico de los quesos tales como el Roquefort, Camembert y Cabrales. La producción comercial de estos compuestos presenta serios inconvenientes incluyendo los altos costos de producción donde destaca el problema de la alta volatilidad y la toxicidad de los mismos sobre las esporas y el micelio.

Sin embargo, una manera de superar estas limitaciones consiste en arrastrar por destilación, las metilcetonas producidas; el residuo de la fermentación puede extraerse con disolventes.<sup>1,3</sup>

## 7.2.- Diacetilo



Otro compuesto de gran interés comercial por su aroma característico a mantequilla es el diacetilo o 2,3-butanodiona. Este compuesto es producido por una gran variedad de microorganismos y generalmente su producción se asocia a la de acetoina, un compuesto que por mucho tiempo se pensó que era precursor del diacetilo.

La fuente más significativa de diacetilo comercial para su uso en la industria alimentaria se encuentra en la destilación de los líquidos del cultivo utilizados en la producción de inóculos lácticos para la industria de quesos.<sup>3</sup>

## 7.3.- Ácido butírico



En la naturaleza el ácido butírico se encuentra en la materia grasas de la leche en concentraciones que van del 2 al 4%. La extracción de ácido butírico de esta fuente natural es difícil, no así su obtención por vía fermentativa que resulta ser una alternativa interesante. Actualmente la producción de ácido butírico por vía fermentativa se realiza con bacterias anaeróbicas obligadas, especialmente *Clostridium butyricum*.

El ácido butírico es un ingrediente utilizado para reforzar el sabor en productos lácteos y como precursor de los ésteres afrutados empleados en la industria de gomas de mascar y refrescos.<sup>3</sup>

## 7.4.- Ésteres



Los ésteres son sustancias características de los aromas frutales generalmente presentes en el plátano, pera y melón. El acetato de isoamilo es el responsable del aroma dulce de muchas frutas. Los ésteres del ácido 3-metilpropiónico son característicos de la piña. Los ésteres del ácido 2,4-decadiénico tienen gran impacto en el aroma de pera. Todos estos compuestos también se emplean como saborizantes en diversos productos. Las características organolépticas de flores también se deben a una mezcla compleja en la cual predomina un sólo éster. Otros ejemplos de ésteres incluyen butirato de etilo (piña), acetato de octilo (naranja), antranilato de metilo (uva), acetato de bencilo (durazno), butirato de metil (manzana), acetato de n-propilo (pera).<sup>3</sup>

---

---

## 8.- Síntesis microbiana de nuevos aromas

---

---

Desde las observaciones realizadas a principios de siglo por Omeliansky (1923), se ha reconocido la capacidad de ciertos microorganismos para sintetizar aromas y sabores a partir de diferentes medios de cultivo. La tabla 2 resume algunos ejemplos de producción de aromas por microorganismos.

Los microorganismos capaces de producir compuestos con aroma, generalmente sintetizan una variedad muy compleja de especies de cultivo. Entre las especies químicas producidas se pueden mencionar alcoholes, ésteres, lactonas, y terpenos entre otros.<sup>3,9,18,119</sup>

Tabla 2.-Compuestos aromáticos producidos por microorganismos<sup>3,16</sup>

Microorganismo	Aroma	Compuestos
<i>Ascoidea hylacoeti</i>	Afrutado: Rosa	B-Feniletanol, Furan 2-Carboxilato
<i>Ceratocystis moniliformis</i>	Afrutado: Plátano, Durazno, Pera, Rosa	3-Metil Butiril Acetato, Geranio, Citronelol, Nerol, Linanol, Geranil.
<i>Ceratocystis varispora</i>	Fragante: Geranio	Citronelol, Citronelil, Acetato Geranial, Geraniol, Linanol.
<i>Ceratocystis virencens</i>	Afrutado: Rosa	Citronelol, Nerol, Geraniol, Geranil Acetato.
<i>Inocybe cordalina</i>	Afrutado: Jazmín	Ester Metílico Del Ácido Cinámico.
<i>Kluyveromyces lactis</i>	Afrutado: Rosa	Citronelol, Linalol, Geraniol.
<i>Mycoacia uda</i>	Afrutado: Pasto, Almendras	P-Metilacetofenona, P-Tolil-1-Etanol
<i>Penicillium decumbenes</i>	Afrutado: Rosa, Manzana, Pino	3-Octenona, Nerodiol

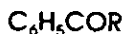
## 8.1.- Lactonas



Las lactonas son ésteres cíclicos internos, hidroxilácidos principalmente gamma y delta. Estos compuestos son abundantes en los alimentos y aportan notas de aromas de durazno, coco, nuez y miel. Las lactonas saturadas e insaturadas se originan en la gamma y delta hidroxilación de los ácidos grasos respectivos.

Una lactona interesante es la pentil-6,alfa pirona que tiene un fuerte aroma a coco y que es posible obtenerla mediante un cultivo estacionario de 3 ó 4 días de *Trichoderma viride*, en un medio de cultivo constituido por extracto de papa y glucosa. La formación de este producto se asocia a la etapa de esporulación del hongo.<sup>3</sup>

## 8.2.- Compuestos bencénicos



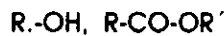
La formación de estos compuestos ha sido estudiada en cultivos sobre agar con base en extracto de malta utilizando especies microbianas capaces de degradar lignina. Entre los microorganismos más estudiados se encuentran los géneros: *Phenillinus*, *Trametes*, *Lentinus* y *Mycoacia uda*. Entre estos compuestos se pueden citar los siguientes: el p-tolualdehído, p-metilacetofenona, alcohol p-dimetil bencílico, alcohol p-metil bencílico, anisaldehído y p-metoxibenzoato de metilo.<sup>3,4</sup>

### 8.3.- Terpenos



Los terpenos son productos naturales derivados de isopreno y constituyen los componentes principales de los aceites esenciales. Se ha encontrado que algunas especies de *Ceratocystis* sintetizan terpenos volátiles, como productos no asociados al crecimiento de estos hongos. La producción microbiana de estos compuestos depende de manera importante del tipo de cepa y del tipo de aminoácidos presentes en mayor cantidad en el medio de cultivo.<sup>3,4</sup>

### 8.4.- Alcoholes y ésteres



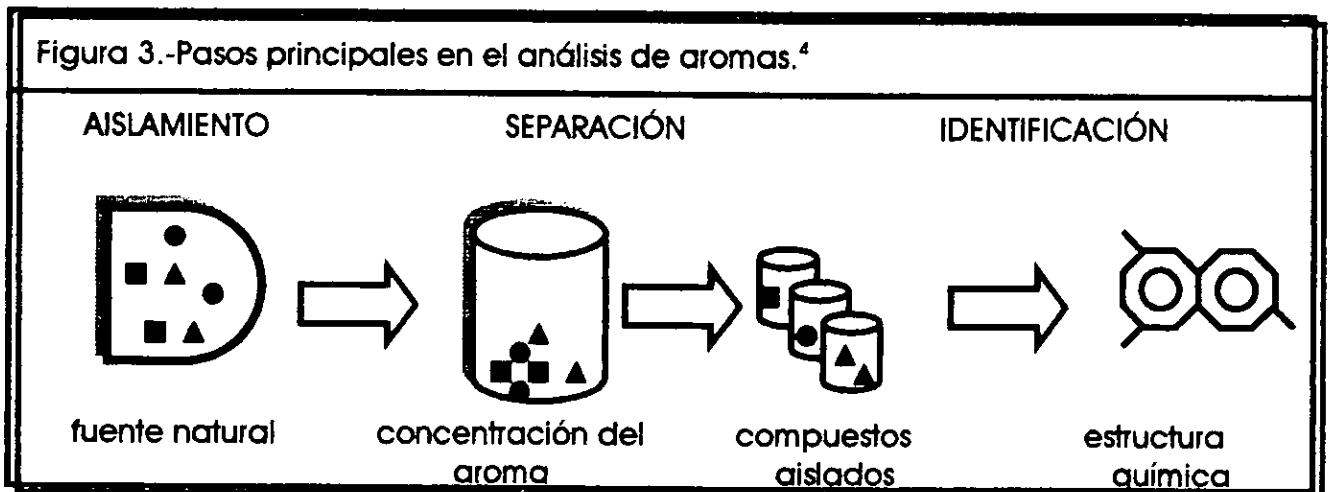
Se han identificado una gran cantidad de alcoholes producidos por la degradación metabólica de algunos aminoácidos. Se han encontrado en hongos y levaduras compuestos como butanol, isobutanol, aceite de fusel ( isómeros de propanol y pentanol ) y fenil etanol. Estos alcoholes intervienen como aromas y precursores de ésteres reaccionando con ácidos tales como el ácido acético y butírico.<sup>56,57</sup>

Entre los microorganismos que producen elevadas concentraciones de ésteres y alcoholes se encuentran *Geotrichum candidum* y especies de levaduras de los géneros *Hansenula* y *Pichia*.<sup>3,9,18,25,26</sup>

## 9.- Análisis de los aromas

La química analítica es la ciencia básica que ayuda a identificar nuevos compuestos aromáticos. La identificación de un compuesto nuevo es el final exitoso de un procedimiento de purificación que se muestra esquemáticamente en la figura 3<sup>4</sup>. Es de gran importancia para el analista escoger las condiciones adecuadas para concentrar, separar y aislar una sustancia nueva sin ser destruida.<sup>4,79</sup>

Figura 3.-Pasos principales en el análisis de aromas.<sup>4</sup>

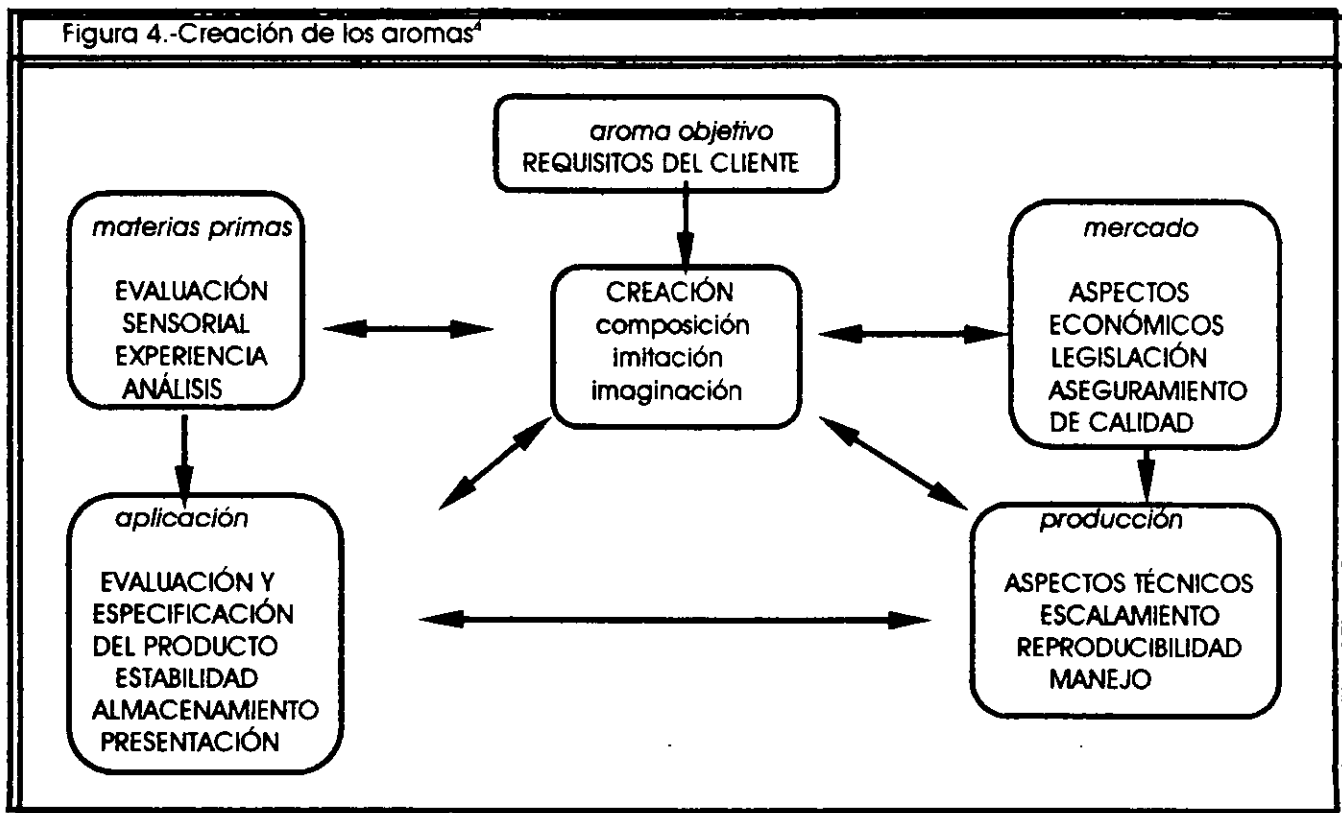


Un método eficiente en la investigación de aromas es el "headspace", una técnica combinada con cromatografía gas-líquido/espectrometría de gases.<sup>66</sup>

La combinación entre la cromatografía gas-líquido y espectrometría de masas trajo un enorme incremento en la sensibilidad de la detección. De esta manera es posible coleccionar una gran cantidad de materiales volátiles para determinar sus constituyentes. La primera "revolución" en el análisis de compuestos volátiles se presentó en los años 50's con el desarrollo de la cromatografía gas-líquido. Usando esta herramienta fue posible separar y aislar cantidades pequeñas de sustancias.<sup>68</sup>

Otro desarrollo importante presentado en los 80's fue la cromatografía de líquidos de alta resolución con la cual fue posible la separación de compuestos termolábiles a temperatura ambiente independientemente de su volatilidad y polaridad.

El desarrollo moderno del equipo y la interpretación de resultados no hubiera sido posible sin el manejo de datos electrónicamente. Las investigaciones analíticas que se realizan continuamente han permitido un incremento en el conocimiento de constituyentes de toda clase de alimentos. El número de compuestos volátiles publicado hasta 1988 asciende a 5500 ( figura 2 ). Gracias a las nuevas técnicas analíticas y a los métodos instrumentales los avances así como también los esfuerzos para identificar compuestos con gran impacto químico no han cesado. Sin embargo no sólo en base a técnicas analíticas y a investigaciones a nivel laboratorio es posible obtener éxito en la industria de los aromas. Diversos aspectos intervienen en la aceptación de un aroma tales como requisitos del cliente y mercado relacionado con la aplicación del compuesto. Todo esto visto desde el área administrativa y bajo bases mercadotécnicas que muchas veces a nivel laboratorio tienen a no tomarse en cuenta y que sin saberlo son elementales para la aplicación industrial del compuesto ( figura 4 )<sup>4,18,37,79,88</sup>



## 9.1.- Cromatografía de gases y su importancia en la detección de aromas

La cromatografía de gases, como ya se ha señalado, es un técnica muy útil en el análisis de los aromas. Esta técnica cromatográfica ofrece mejor poder de resolución para compuestos orgánicos volátiles como es el caso de los ésteres. Su principal limitación se encuentra en la labilidad química de los solutos, los cuales deben ser estables a la temperatura requerida para su volatilización.<sup>79</sup>

En la cromatografía de gases la fase móvil es un gas, mientras que la fase estacionaria puede ser: a) un sólido adsorbente, o b) un líquido retenido en un soporte sólido ( columna empaquetada ) o impregnando las paredes en una columna capilar ( columna abierta ). En la cromatografía de gases la mezcla de solutos a separar, una vez volatilizada, se hace pasar a través de un tubo largo y estrecho ( columna ) con la ayuda de un gas portador inerte.<sup>80</sup>

Los gases acarreadores más populares son el nitrógeno, el helio y el hidrógeno. Estos gases deben ser de alta pureza, con humedad y contenido de otros contaminantes mínimos para evitar señales erróneas en el detector. Su propósito es llevar la mezcla de los solutos, desde que se introduce en el sistema cromatográfico hasta la salida del detector, pasando a través de la columna donde se produce la separación.<sup>79-81</sup>

Los detectores más comunes empleados en cromatografía de gases incluyen: ionización de flama, espectrometría de masas y conductividad térmica. Dentro de los controles más importantes en la cromatografía de gases esta:

- a) El control de la velocidad de flujo
- b) El sistema de inyección de muestras
- c) La elección de la columna
- d) El control de la temperatura
- e) El sistema de detección<sup>79,80,102,108</sup>

## 10.- Biotransformaciones microbianas

El término bioconversión o biotransformación se aplica a los procesos en donde se realiza la transformación de una molécula precursora en otra diferente, mediante una serie limitada de reacciones enzimáticas; se conocen cientos de bioconversiones en la actualidad. La tabla 3 enlista algunos tipos de reacción llevados a cabo empleando células.<sup>3,5</sup>

Tabla 3.- Tipos de reacciones de bioconversión<sup>3</sup>

Hidroxiación	Oxidación
Hidrólisis	Esterificación
Metilación	Condensación
Descarboxilación	Racemización
Isomerización	Epoxidación
Desamidación	Fosforilación
Amidación	Epimerización
Reducción	Halogenación



## 10.1.- Ventajas de las biotransformaciones

### 10.1.1- Especificidad

Los organismos que catalizan las biotransformaciones actúan como catalizadores estereoespecíficos. La especificidad de las conversiones es explotada en el uso de células microbianas para la resolución de mezclas racémicas. Un ejemplo es la acción de las células en los derivados N-actilo de los aminoácidos DL. Las células eliminan el grupo actilo sólo del aminoácido L. Las células que contienen enzimas tales como oxidasas, lipasas y amidasas también son útiles. En cualquier bioconversión puede emplearse la enzima purificada en lugar de la célula dependiendo de la disponibilidad y costo de la primera.<sup>5,7</sup>

### 10.1.2- Altos rendimientos

Generalmente se obtienen altos rendimientos en las biotransformaciones como se observa en la tabla 4.<sup>3,6,7</sup>

Tabla 4.-Rendimientos de biotransformaciones importantes<sup>3</sup>

Substrato	Producto	Organismo	Rendimiento (%)
Sorbitol	Sorbosa	<i>Gluconobacter suboxydans</i>	98
Glicerol	Dihidroxiacetona	<i>Gluconobacter suboxydans</i>	90
Glucosa	Ácido glucónico	<i>Aspergillus niger</i>	100
Ácido maleico	Ácido fumárico	<i>Alcaligenes faecalis</i>	98
Sorbitol	Fructosa	<i>Bacillus fructus</i>	90

## 10.2.- Métodos de biotransformaciones

Una biotransformación se puede llevar a cabo por cualquiera de los siguientes métodos:

a) Mediante el uso de células en crecimiento. En este caso el precursor del aroma se incorpora al medio de cultivo desde la inoculación o bien durante el transcurso de etapas posteriores en donde el crecimiento celular aún no ha terminado.<sup>3</sup>

b) Mediante el uso de células inmovilizadas. Aquí es necesario producir células en un medio apropiado, para después separarlas e inmovilizarlas.<sup>3,6</sup>

c) Mediante el uso de enzimas purificadas. En algunos casos es necesario emplear enzimas con un alto nivel de purificación, esto se debe a que: no hay una difusión apropiada de los precursores a través de la membrana microbiana, o el producto de la biotransformación no se difunde una vez producido.<sup>16,29</sup>

Una condición indispensable para recurrir a este método es que la enzima debe separarse y purificarse con cierta facilidad, o bien, estar disponible comercialmente. El uso de estas enzimas puede ser en su forma libre o inmovilizada.<sup>8,29,70</sup>

d) Mediante el uso de sistemas multifase. En el caso de los precursores y productos, al menos uno de ellos, insolubles en agua pero lipofílicos, se recomienda trabajar en dos fases, una acuosa que contiene la enzima o los microorganismos y un disolvente no miscible en agua.<sup>3,43</sup>

e) Mediante el uso de sistemas de conversión. Para el caso en que la bioconversión requiera de dos o más pasos secuenciales.<sup>3,6</sup>

f) Mediante el uso de células cosechadas. La primera etapa de este método consiste en permitir un crecimiento celular abundante en un medio de cultivo especial de crecimiento. Después estas células se separan por centrifugación o filtración para incorporarlas a un segundo medio: el de bioconversión, que contiene los precursores. Un ejemplo de este tipo de procesos es el uso de esporas microbianas como biocatalizadores.<sup>3,8,34,36</sup>

Dentro del campo de las biotransformaciones, los monoterpenos son los que más han sido estudiados. Esto se ha debido a que algunos monoterpenos se encuentran disponibles en altas concentraciones en plantas y también a que la síntesis orgánica de los mismos se ha desarrollado intensivamente.<sup>3</sup>

Otra línea que ha despertado mucho interés es la síntesis de ésteres con el empleo de lipasas. Se ha demostrado que una fuente importante de aromas se encuentra en la esterificación tanto de ácidos grasos con etanol, como de alcoholes terpénicos con ácido propiónico, butírico y caproico.<sup>3,21-23,55</sup>

## 11.- Biocatálisis

### 11.1.- Definiciones y clasificación

Una biocatálisis en biotecnología representa una observación a nivel laboratorio de la actividad de un organismo o enzima aislada para favorecer una reacción determinada. Comparada con el proceso puramente químico la biocatálisis en el proceso de biotecnología ofrece muchas ventajas ( tabla 5 ).<sup>8</sup>

Tabla 5.-Comparación entre los procesos químicos convencionales y biotecnológicos.<sup>6,8</sup>

Ventajas	Desventajas
Conversiones enzimáticas múltiples en un sólo paso del proceso.	Condiciones de los reactivos muy diluidas ocasionando baja productividad.
Especificidad estructural y estereoquímica.	Equipo muy grande y costos altos.
Condiciones no drásticas de presión, temperatura y pH.	Purificación compleja debido a las condiciones de reacción.
Eficiencia de conversión alta cuando se optimiza.	Complejidad en las condiciones de reacciones multifase.
Nuevas rutas para nuevas moléculas.	Desnaturalización de proteínas y lisis celular.
Uso de recursos renovables.	Necesidad frecuente de cofactores
Bajo riesgo ambiental y de salud.	Más lábiles que los catalizadores químicos

Cuando se compara con los catalizadores químicos, las enzimas tienen un gran número de ventajas, entre las cuales se incluyen la variedad de reacciones que catalizan y las condiciones suaves empleadas, especialmente cuando se usan reactantes lábiles, así como las cantidades mínimas de energía requeridas.

La velocidad y especificidad de las reacciones bioquímicas provoca que se empleen en la preparación de compuestos radioquímicos que contienen isótopos de vida corta. Sin embargo, los catalizadores biológicos como las células inmovilizadas necesitan frecuentemente cofactores y son más lábiles que los catalizadores químicos por lo que requieren un control preciso de las condiciones de reacción.<sup>6</sup>

Los factores económicos también influyen en la elección del catalizador, ya que por ejemplo, los procesos químicos utilizan grandes cantidades de energía y frecuentemente se basan en compuestos petroquímicos, mientras que los catalizadores biológicos no necesitan grandes cantidades de energía y usualmente se emplean fuentes biológicas renovables.

La biocatálisis permite llevar a cabo reacciones de uno o varios pasos con alta estereo y regioespecificidad y bajo condiciones poco drásticas. Las novedades químicas vía catálisis enzimática han conducido a nuevas rutas de manufactura de nuevas moléculas así como al desarrollo de nuevas tecnologías. La emergencia de tecnologías basadas en la biotecnología se debe a :

- 1.- El incremento explosivo en el entendimiento de los sistemas biológicos.
- 2.- El desarrollo de técnicas de bioprocesos a gran escala.
- 3.- La madurez de la industria química y petroquímica.
- 4.- El incremento de las presiones ambientales y las restricciones en la tecnología química convencional.<sup>7,101</sup>

Además del uso de diferentes organismos naturales como biocatalizadores, el desarrollo reciente en biotecnología permite que las herramientas más avanzadas sean aplicadas en la biocatálisis:

- 1.- Las herramientas de ingeniería genética conducen a la creación de nuevas características a nivel celular en plantas, animales, microorganismos e incluso en el hombre.
- 2.- La tecnología de los hibridomas conduce a la producción de anticuerpos puros y específicos.
- 3.- La inmovilización de organelos y de células completas proporciona propiedades catalíticas a ser explotadas en reactores especialmente diseñados.
- 4.- Métodos avanzados de cultivo de células en bioreactores, de producto, de separación y de purificación.
- 5.- Combinación de todas las herramientas.

Hay muchas maneras en que la biocatálisis puede clasificarse. Una forma posible basada en las herramientas de la biotecnología se presenta en la tabla 6. Los dos términos empleados en cada oración no son necesariamente opuestos, pero presentan ciertas diferencias específicas.<sup>3,6,8</sup>

Tabla 6.-Posible clasificación de la biocatálisis <sup>6</sup>

Tipo de biocatálisis	
Células	vs. Enzimas
Células libres ( suspendidas )	vs. Células inmovilizadas
Enzimas libres ( solubles )	vs. Enzimas inmovilizadas
Células solas	vs. Cultivo multicelular
Células en crecimiento	vs. Células en fase de meseta
Células microbianas	vs. Otras células ( plantas, humano, animales )

Uno de los principales problemas en la selección de la biocatálisis es el empleo de células o de enzimas. La tabla 7 contrasta estos dos grupos de biocatálisis.

El conjunto de productos explotados por sistemas que cuentan con microorganismos es muy variado ( tabla 8 ), siendo las transformaciones llevadas a cabo de forma más eficaz en sistemas enzimáticos.<sup>6,7</sup>

Tabla 7.- Comparación entre células y enzimas en el proceso de biocatálisis <sup>6</sup>

CÉLULAS	CÉLULAS	ENZIMAS	ENZIMAS
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Bajo costo	Reacciones secundarias	No hay reacciones secundarias	Alto costo
Capacidad de autoreproducción	Límites de reproducibilidad	Buena reproducibilidad	Cantidades disponibles
Capacidad de regeneración de coenzimas	Contaminación	Regeneración de coenzimas	Nivel de purificación

Tabla 8.- Principales aplicaciones de la actividad celular <sup>6</sup>

- Producción de biomasa celular
- Producción de enzimas
- Producción de metabolitos primarios
- Producción de metabolitos secundarios
- Bioconversión de productos químicos

## 11.2.-Biocatálisis enzimática

Las enzimas son proteínas, macromoléculas llamadas polipéptidos. Las enzimas fueron los primeros catalizadores utilizados en la tecnología. Son catalizadores muy potentes en cuatro aspectos: en primer lugar son muy eficaces catalizando reacciones, frecuentemente entre 1,000,000,000 y 1,000,000,000,000 veces más rápidas que los catalizadores no enzimáticos correspondientes. En segundo lugar el rango de las reacciones catalizadas es extremadamente amplio, logrando catalizar mucho más reacciones que con los catalizadores químicos.<sup>101</sup>

En tercer lugar y como ya se mencionó, las enzimas son muy específicas en cuanto al tipo de reacción catalizada y, por último, las enzimas están sujetas naturalmente a un número de controles como el de la velocidad de síntesis y degradación, o bien, modulando su actividad por la unión a pequeñas moléculas modificadoras que pueden aumentar o disminuir la actividad de las enzimas.<sup>5,7</sup>

Las enzimas pueden emplearse en dos formas básicamente: como enzimas libres ( en solución ) y como enzimas inmovilizadas. La inmovilización se define como el proceso por el cual el movimiento de las enzimas y células en el espacio se ve restringido total o parcialmente, dando lugar a una forma de enzima insoluble en agua. La inmovilización de catalizadores no es exclusiva de las enzimas, sino que también se emplea con catalizadores químicos metálicos caros.

También en el suelo hay enzimas inmovilizadas naturales, por ejemplo, las enzimas liberadas durante la putrefacción de una planta, animal o microorganismo, que se adsorben en las paredes del suelo, y células inmovilizadas en forma de partículas de micelio naturales.

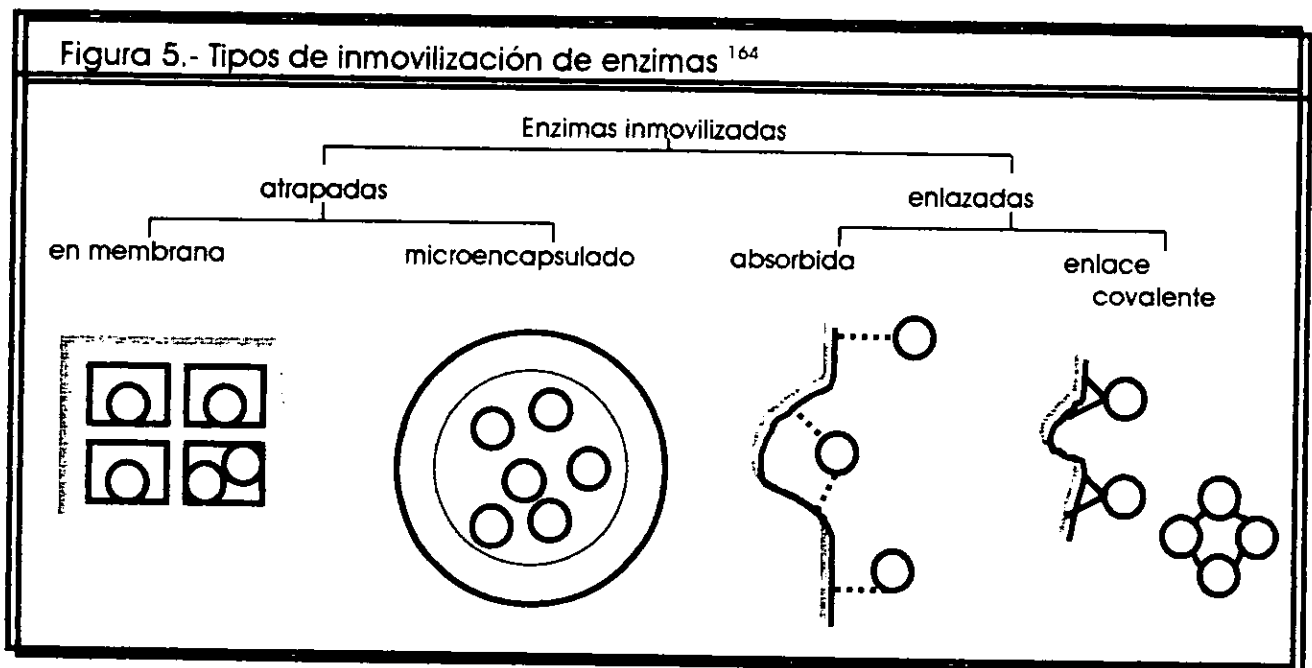
En la industria frecuentemente se usan enzimas o células inmovilizadas porque estos biocatalizadores se pueden reusar o usar en procesos continuos.<sup>86,101,163</sup>

El uso continuo es especialmente importante para mantener un medio ambiente constante para el biocatalizador inmovilizado, factor determinante en la estabilidad de la enzima, y además porque se evita la contaminación del producto y la contaminación ambiental. Tanto el capital como el costo constante de los procesos catalizados por enzimas puede reducirse de golpe inmovilizando a estas.

Una ventaja importante en el momento de usar células y enzimas inmovilizadas es que ambas están protegidas por el soporte frente a los cambios de pH, temperatura, fuerza iónica, etc., en el seno del disolvente, lo que se refleja en el aumento de estabilidad.

Las técnicas de inmovilización más conocidas incluyen ( figura 5 ):

- 1.- Unión covalente ( al acarreador )
- 2.- Adsorción física ( al acarreador )
- 3.- Atrapamiento en una macro o micromembrana o en gel
- 4.- Microencapsulación<sup>8,164</sup>



Una comparación entre los diferentes métodos se presenta en la tabla 9. Las limitaciones adicionales además de las enlistadas en esta tabla son:

- 1.-La purificación de la enzima es difícil y costosa.
- 2.-Generalmente no pueden utilizarse en sistemas de reacción que requieren coenzimas. La mayoría de las técnicas de inmovilización de enzimas se puede aplicar también a la inmovilización de células, encontrándose diversos ejemplos de importancia industrial.<sup>8,16,29,70</sup>

Tabla 9.-Comparación entre los métodos de inmovilización enzimática<sup>29,70</sup>

Método	Ventajas	Desventajas
Unión covalente	La inmovilización puede ser afectada por pH, fuerza iónica o concentración.	Costos de proceso
Adsorción	La enzima no necesita modificación química, proceso barato.	Puede presentarse desorción debido a los cambios de fuerza iónica, puede presentarse inactivación microbiana.
Microencapsulación	La enzima es altamente estable	Alto costo de proceso
Atrapamiento	La enzima no requiere modificación, la enzima esta protegida de degradación microbiana.	Posible inactivación de la enzima durante la preparación, limitación difusional del sustrato dependiendo del tamaño de partícula.

### 11.3.- Enzimas que trabajan en disolventes orgánicos

El uso de las enzimas como catalizadores prácticos en la industria química a sido muy limitado. Esto se ha atribuido principalmente a su alto costo, relativa inestabilidad en los ambientes industriales y la fuerte competencia con los procesos químicos bien establecidos.<sup>12,13</sup>

Avances recientes en biología molecular, cristalografía proteica e ingeniería genética han dado como resultado la producción de nuevas enzimas con mayor estabilidad y con especificidad modificada hacia el sustrato. Hasta hace algunos años, la industria enzimática estaba enfocada en sistemas acuosos.<sup>9,24</sup>

Sin embargo, debido a la baja solubilidad de muchos compuestos orgánicos en agua ( aceites, grasas, esteroides, compuestos aromáticos, etc. ), reacciones secundarias indeseables ( hidrólisis, adición nucleofílica de un ión hidróxido ) y un equilibrio termodinámico desfavorable, el agua es un medio de reacción pobre para la mayoría de las transformaciones químicas.<sup>25,39,42 44,55,69</sup>

Con objeto de acabar con estos problemas, se han empleado las enzimas en soluciones acuosas con cosolventes orgánicos miscibles en ella, en mezclas bifásicas acuoso/orgánicas, en micelas inversas y finalmente en disolventes orgánicos con un contenido de agua menor al 1% . Se han llevado a cabo de forma eficiente una variedad de reacciones sintéticas en mezclas de reacción acuosas con disolventes orgánicos importantes, incluyendo oxidación-reducciones, epoxidaciones, isomerizaciones y síntesis de péptidos. La adición de cosolventes al medio de reacción incrementa la solubilidad del sustrato en forma no significativa, o de hecho, presenta ningún efecto en la especificidad hacia el sustrato.<sup>26,39,42</sup>

En el caso de la enzimología micelar, el medio de reacción consiste de un disolvente orgánico no polar. Las moléculas de la enzima se disuelven en agua separadas del disolvente orgánico a través de una capa formada entre las paredes polares de las moléculas surfactantes. Tanto la relación molar del agua con el surfactante como la hidrofobicidad de la enzima determinan la fuerza de las interacciones entre la superficie de la proteína y la capa interna de la micela inversa.<sup>55,69</sup>

Los avances más recientes en conversiones enzimáticas bajo ambientes microacuoso es el uso de enzimas en disolventes orgánicos anhidros. La investigación de la cinética y el comportamiento estructural de las enzimas en estos ambientes tan extremos ha traído como resultado descubrimientos interesantes que han abierto nuevas direcciones en las aplicaciones industriales de las enzimas.<sup>44,55,69,106,107</sup>

### 11.4.- Efectos del agua y disolventes orgánicos en la catálisis enzimática en sistemas microacuosos

La naturaleza del disolvente orgánico y la cantidad de agua en el medio de reacción son dos factores fundamentales que determinan la conducta de las enzimas en ambientes microacuosos. El agua es absolutamente esencial para la actividad enzimática ya que esta participa en todas las interacciones no covalentes manteniendo a la proteína en su conformación nativa y jugando un papel muy importante en la dinámica de la enzima.<sup>40</sup>

Aunque se ha reconocido la importancia crucial del agua, sólo se ha determinado la cantidad mínima de agua necesaria en muy pocas enzimas, principalmente en lisozimas y quimotripsinas.

Sin embargo, estos estudios no pueden aplicarse directamente a las reacciones catalizadas por enzimas en medios no acuosos, debido a que los resultados fueron obtenidos en ausencia de un disolvente orgánico.<sup>11</sup>

El disolvente orgánico afecta la reacción enzimática de diversas formas. Primero, el disolvente afecta la distribución del agua entre la enzima y el medio de reacción. Segundo, el disolvente orgánico puede interaccionar directamente con la enzima, afectando su conformación nativa activa catalíticamente y, por lo tanto, desactivarla.

Finalmente, la distribución entre el sustrato y/o los productos de reacción entre el sitio activo de la enzima y el medio pueden influenciar un número de parámetros cinéticos y termodinámicos del proceso. El efecto resultante del medio orgánico en el proceso enzimático es frecuentemente una combinación de los factores mencionados anteriormente.<sup>11,40,86</sup>

El impacto del agua en la conducta cinética de las enzimas en ambientes microacuosos se observa mejor cuando las enzimas se suspenden directamente en lugar de estar inmovilizadas en un soporte. Aparentemente, las enzimas suspendidas en disolventes hidrofóbicos requieren mucho menos agua para su actividad que aquellas suspendidas en disolventes hidrofílicos.

La adición de agua a disolventes hidrofílicos incrementa moderadamente la cantidad de agua en la proteína. Sin embargo, independientemente de la hidrofobicidad del disolvente, la dependencia siempre se ajusta al mismo patrón: entre más alto sea el contenido de agua de la enzima, mayor será su actividad enzimática.

Parece razonable asumir que la concentración de agua en la enzima es la que afecta más significativamente su actividad en un disolvente en particular. Es más probable que la actividad enzimática en un sistema orgánico sea mayor, no tanto por las interacciones del disolvente con la enzima en sí, sino por con las interacciones del agua con la enzima. La pérdida de esta agua esencial tiene un efecto perjudicial disminuyendo la actividad por más de 3 ordenes de magnitud.<sup>166</sup>

Se ha demostrado que el agua puede ser sustituida en algún grado por otros compuestos. La presencia de formamida al 1% en el medio de reacción incrementa la actividad del alcohol deshidrogenasa en acetato de butilo 15 veces más que en la ausencia de este aditivo. Formamida al 3% en octanol incrementa 35 veces la velocidad de oxidación del 4-metilcatecol catalizada por tirosinasa.

Debido al alto potencial de los aditivos mencionados para formar enlaces de hidrógeno, estos pueden imitar las interacciones del agua con la proteína, restaurando, por lo tanto, la actividad enzimática.

También pueden actuar como una barrera que previene interacciones desfavorables entre la proteína y el disolvente.<sup>165,166</sup>

### 11.4.1.- Sistemas microacuosos

El mezclar disolventes orgánicos con agua produce variaciones y posibilidades interesantes dependiendo de la miscibilidad del disolvente con el agua y la proporción relativa del disolvente y agua en el medio ( tabla 10 ).<sup>10,40</sup>

A últimas fechas se ha preferido emplear el término "sistemas microacuosos" para referirse al tipo de sistemas orgánicos con concentraciones iguales o menores al 1% . Específicamente, se ha argumentado que la descripción de un microacuoso debe reservarse sólo para aquellos casos en que la actividad termodinámica del agua sea significativamente menor a 1.

Aún cuando la cantidad de agua se mantiene baja, es tan corto el rango considerado para el término "baja" que el mantener la cantidad exacta es todavía un paso muy crítico. Por lo tanto, existe la necesidad de establecer métodos que ayuden a determinar la cantidad de agua presente en tales sistemas. El método titrimétrico de Fisher y la cromatografía de gases son dos métodos muy convenientes.<sup>10-12,16,27,40,46</sup>

Tabla 10-Diversas posibilidades para medios no acuosos<sup>10,40</sup>

Sistemas de microacuosos	Sistemas de concentración alta
1.- Enzimas en disolventes anhidros	1.- Sistemas cosolventes ( disolventes orgánicos miscibles en agua )
2.- Micelas inversas	2.- Sistemas bifásicos ( acuoso-orgánicos )

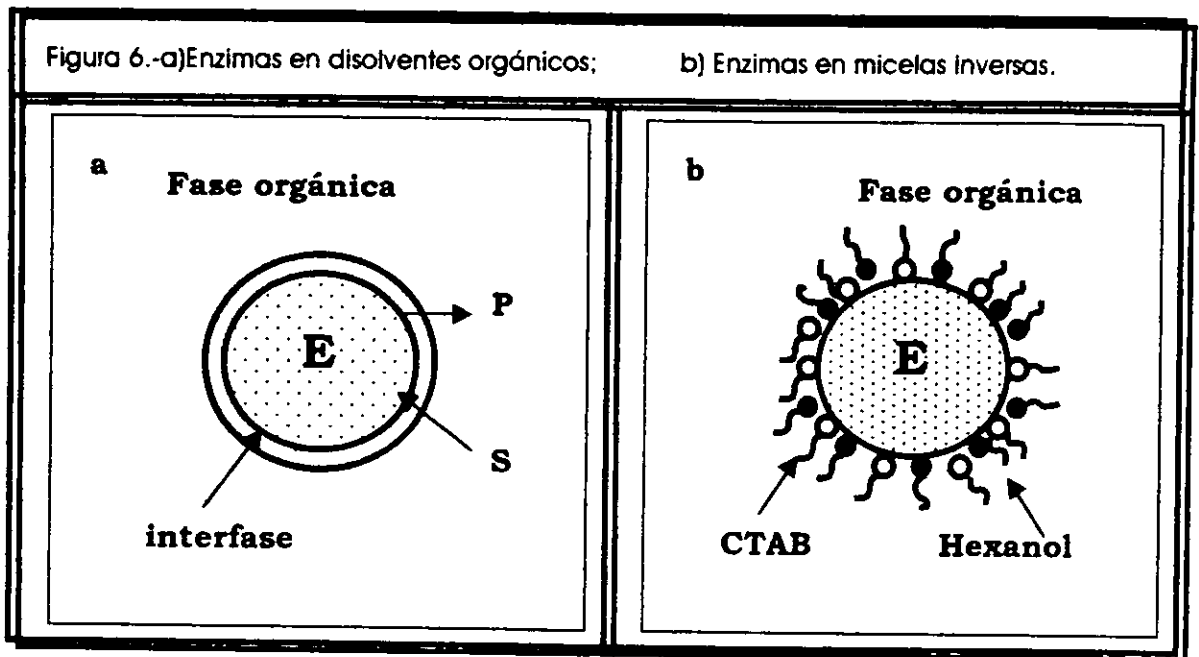
#### 11.4.1.1.- Enzimas en sistemas microacuosos

Es tradicionalista pensar que el agua es esencial para que una enzima mantenga su conformación y que los disolventes orgánicos desnaturalizan a la enzima. Se ha establecido que el agua es esencial para mantener las conformaciones de la enzima, pero que el problema real es la cantidad de agua necesaria. Se han estudiado dos formas de contacto enzima-sustrato en ambientes con limitaciones acuosas.<sup>87</sup>

El primero, es el concepto de que es necesario proporcionar agua suficiente para hidratar a la enzima y permitirle permanecer en su conformación activa, subsecuentemente emplear la enzima en disolventes orgánicos no polares que no eliminen la capa esencial de hidratación. Tales enzimas hidratadas, pueden emplearse tanto en forma directa como inmovilizadas en soportes inertes. Este es el concepto del empleo de enzimas en disolventes orgánicos monofásicos.

La segunda forma es encapsulando la enzima en microemulsiones de agua en aceite llamadas micelas inversas. Las dos formas de contacto enzima-sustrato se muestran en la figura 6. En esta figura es importante considerar la polaridad de la región de contacto entre el biocatalizador y el disolvente. Esta región se denomina interfase y debe compararse con la polaridad de otros componentes del sistema. La interfase puede ser agua o una combinación de agua con la matriz inmovilizada ( parte a ) o en el caso de micelas inversas una capa de surfactantes ( parte b ).<sup>86-89</sup>





E representa a la enzima; S y P representan el substrato y el producto. Actúan como surfactantes el bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) y el hexanol.

### 11.4.1.2.- Ventajas de los sistemas microacuosa

Las principales razones que favorecen el uso de sistemas orgánicos son:

- Quando el substrato tiene una solubilidad mayor en disolventes orgánicos.
- Cambio del equilibrio de la reacción en direcciones deseables tales como el uso de hidrolasas para reacciones sintéticas.
- Riesgo reducido de crecimiento microbiano.
- Elevación de la termoestabilidad.
- Recobro y reuso de las enzimas sin inmovilización.
- Control posible de la especificidad, regioespecificidad y enantioselectividad del substrato.
- Quando el agua participa en reacciones secundarias no deseadas.
- El equilibrio termodinámico generalmente no es favorable en sistemas acuosa (por ejemplo las esterificaciones) en reacciones catalizadas por lipasas.
- La actividad catalítica es en ocasiones más alta en disolventes orgánicos.

j) Las enzimas tienden a ser móviles en sistemas acuosos y más rígidas en disolventes orgánicos <sup>10,27,49,87</sup>

### **11.4.1.3.- Ingeniería biocatalizadora**

Se han llevado a cabo esfuerzos por mejorar la actividad catalítica en disolventes orgánicos. Primero y como panorama general es necesario conocer las formas en las cuales una enzima puede emplearse en sistemas microacuosos. <sup>17,29,45,58,59,60</sup>

Entre las principales se pueden mencionar:

- 1.- Enzimas disueltas en soluciones concentradas del sustrato ( por ejemplo, la producción de fructooligosacáridos a partir de sacarosa al 50% por la invertasa de *Aspergillus niger* . )
- 2.- Polvo de la enzima sólida suspendida en disolventes orgánicos.
- 3.- Enzima sólida adsorbida en partículas de soporte.
- 4.- Enzimas modificadas solubles en hidrocarburos aromáticos tales como benceno y tolueno.
- 5.- Enzimas atrapadas dentro de un gel, cuyo grado de hidrofobicidad debe ser controlado. La enzima atrapada en el gel es suspendida en el disolvente orgánico inmiscible en agua.
- 6.- Enzimas inmovilizadas suspendidas en disolventes orgánicos.

Las células microbianas también pueden emplearse en cualquiera de las siguientes formas:

- 1.- Células húmedas o semi-húmedas suspendidas en un disolvente miscible en agua. Las células microbianas húmedas contienen entre 70-80% de agua. Si se dispersan en el disolvente, el sistema completo es microacuoso debido a que el agua es confinada sólo dentro de las células.
- 2.- Células del micelio semi-húmedas empacadas en una columna.
- 3.- Células húmedas o semi-húmedas inmovilizadas por atrapamiento en geles, con un apropiado balance hidrofóbico/hidrofílico.

Tomando en cuenta lo anterior, se observa que las células completas conteniendo a la enzima parecen ser más económicas que las enzimas aisladas de sus cultivos. <sup>8,21,34,38</sup>

### **11.4.2.- Rigidez conformacional y memoria proteica**

Gracias a diversos análisis dirigidos a elucidar la estructura de las enzimas suspendidas en disolventes orgánicos se ha podido establecer que:

- a) La enzima seca tiene la misma conformación que una enzima completamente hidratada. La enzima completamente hidratada contiene 0.38 g de agua/ g de proteína. <sup>85-89</sup>
- b) Es posible distinguir dos sitios de hidratación primarios observando una hidratación gradual en tres etapas: a) entre 0-0.07 g de agua/g de proteína ( hidratación de grupos ionizables ) ; b) entre 0.07-0.25 g

de agua/g de proteína ( atrapamiento del agua en parches polares ) ; c) entre 0.25-0.38 g de agua/g de proteína.<sup>89</sup>

c) La mayoría de las enzimas se inactiva en disolventes hidrofílicos, miscibles en agua, lo cual es fácil de entender en términos del coeficiente de partición. Sin embargo, en algunas enzimas como la lipasa pancreática de cerdo, el agua está tan fuertemente enlazada a las moléculas de la enzima que son catalíticamente activas tanto en disolventes hidrofóbicos como hidrofílicos.<sup>85-89</sup>

d) Debido a que las enzimas son insolubles en la mayoría de los disolventes orgánicos, forman suspensiones. Esto es importante debido a que se elimina la necesidad de inmovilización. Tan pronto como se detiene la agitación, la enzima decae al fondo. Esta insolubilidad también elimina la flexibilidad conformacional de la enzima, lo cual previene que adquieran conformaciones diferentes a las que se adquieren en sistemas acuosos, permaneciendo activas.<sup>86</sup>

e) Gracias a que son inmóviles en disolventes orgánicos, las enzimas permanecen "congeladas" en la conformación adquirida en la solución acuosa de la cual fueron aisladas. Por lo tanto, pocos disolventes tales como dimetil sulfóxido o dimetil formamida pueden disolver a las enzimas e inactivarlas.<sup>87</sup>

#### **11.4.2.1.- El concepto de pH**

En los sistemas acuosos el pH tiene un efecto mayor en la actividad y función de la enzima. Sin embargo, el concepto de pH es más abstracto en la enzimología no acuosa. Debido a esto, no hay un valor de pH en la fase orgánica y aunque exista una pequeña capa acuosa alrededor de la enzima, el volumen de esa capa acuosa es tan pequeño que el concepto de pH pierde su significado.<sup>87</sup>

En tales sistemas, el pH corresponde al ambiente acuoso del cual fue tomada la enzima antes de ser transferida al sistema no acuoso, ya que la enzima tiene la capacidad de recordar el pH de la última solución a la cual estuvo expuesta. El concepto conocido como "memoria de pH" establece que grupos protonados permanecen protonados y grupos no protonados permanecen no protonados.<sup>10,13</sup>

El sistema es estable tanto como no se generen o consuman especies cargadas, de otra manera la estabilidad dependería de la capacidad amortiguadora del sistema. Hay diversos métodos para determinar el pH en microambientes acuosos, incluyendo resonancia magnética nuclear y sondas moleculares fluorescentes.<sup>10,27,35,85-89</sup>

#### **11.4.3.- Correlación de la función enzimática con la naturaleza del sistema de reacción**

El siguiente paso importante a considerar es el estudio del parámetro ideal en términos del cual la actividad enzimática ( y su estabilidad ) pueden ser correlacionados con la naturaleza del medio. Está claramente establecido que los disolventes menos polares proporcionan alta actividad. Se ha señalado que parámetros tales como la constante dieléctrica, el momento dipolar y el logaritmo del coeficiente de partición correlacionan mejor con la actividad enzimática.<sup>21,22,31,52</sup>

### 11.4.3.1.- Ingeniería del sistema de reacción

La regla de oro en la enzimología no acuosa establece que los disolventes no polares son mejores que los disolventes polares, ya que proporcionan condiciones ambientales más adecuadas para la proteína/enzima. Si los disolventes tienen un logaritmo del coeficiente de partición ( $\log P$ )  $< 2$  constituirán una mala opción ya que los más adecuados son aquellos que presentan  $\log P > 4$ . Los disolventes con un  $\log P$  entre 2 y 4 afectan la actividad biológica en una proporción hasta ahora impredecible ( tabla 11 ).<sup>57</sup>

Tabla 11.-Solubilidad máxima de disolventes orgánicos en agua versus su  $\log P$  <sup>57</sup>

$\log P$	Solubilidad en agua a 20°C (por cada 100 partes)
$\log P < 0 = 2$	$> 0.4$
$2 < \log P < 4$	$0.04 - 0.4$
$\log P > 4 = 4$	$< 0.04$

La tabla 12 presenta los disolventes más empleados y sus valores correspondientes de  $\log P$ . Puede notarse que muchos disolventes ( cerca del 50% ) tienen un  $\log P < 2$  y, por lo tanto no son muy adecuados para la síntesis biorgánica. Sólo cerca del 20% de los disolventes presentados son aplicables para la síntesis deseada en este caso.<sup>30,57,59</sup>

Tabla 12.- Valores de  $\log P$  en disolventes orgánicos comunes <sup>57,59</sup>

Disolvente	$\log P$	Disolvente	$\log P$	Disolvente	$\log P$
Dioxano	-1.1	Trietilamina	1.6	Ciclohexano	3.2
Metanol	-0.76	Bencilacetato	1.6	Benzofenona	3.2
Acetonitrilo	-0.33	Butilacetato	1.7	Nonanol	3.4
Etanol	-0.24	Cloropropano	1.8	Decanona	3.4
Acetona	-0.23	Hexanol	1.8	Hexano	3.5
Ácido acético	-0.23	Nitrobenzono	1.8	Propilbenzono	3.6
Propanol	0.28	Heptanona	1.8	Butilbenzoato	3.7
Butanona	0.29	Ácido benzoico	1.9	Decanol	4.0
Dietilamina	0.64	Cloroformo	2.0	Heptano	4.0
Piridina	0.71	Benceno	2.0	Octano	4.5
Butanol	0.80	Octanona	2.4	Undecanol	4.5
Pentanona	0.80	Heptanol	2.4	Decano	5.6
Dietiléter	0.85	Tolueno	2.5	Undecano	6.1
Pentanol	1.3	Octanol	2.8	Dodecano	6.6
Hexanona	1.3	Pentano	3.0	Tetradecano	7.6
Ciclohexanol	1.5	Etilbenzono	3.1	Butiloleato	9.8
Fenol	1.5	Xileno	3.1	Dilaurilftalato	13.7

Existen cerca de 107 disolventes orgánicos que se utilizan comúnmente, pero sólo algunos son aplicables a la síntesis biorgánica. Dentro de estos disolventes además de tomar en cuenta su valor de  $\log P$  también deben contar con una apolaridad relativa ( $< 8$ ) y tener un peso molecular sobre 150 ( tabla 13 ).<sup>57,59</sup>

Tabla 13.-Propiedades de algunos disolventes importantes en la síntesis biorgánica <sup>57,59</sup>

Disolvente	Log S w/o	$\epsilon$	c	P.M
Octanol	0.36	10.34	10.3	130.23
Acetato de etilo	0.21	6.02	9.1	88.11
Clorofomo	-1.29	4.81	9.5	119.39
Benceno	-1.45	2.27	9.2	78.11
Tolueno	-1.73	2.38	8.9	92.14
Xileno	-1.62	2.40	8.8	106.70
Hexano	-2.21	1.88	7.3	86.18
Ciclohexano	-2.25	2.02	8.2	84.16
Heptano	-2.30	1.92	7.4	100.21
Hexadecano	-2.60	2.10	8.0	226.45

Log S w/o es el logaritmo de la solubilidad molar saturada de agua en el disolvente. El parámetro  $\epsilon$  es la constante dieléctrica. El parámetro c es la solubilidad de Hildebrand y P.M. corresponde al peso molecular.

Tanto c como el peso molecular no pueden tratarse separadamente debido a que están relacionados. Usando solamente el log P como medida de la polaridad, parece aparente que sólo la polaridad de un disolvente es relevante y no su peso molecular. Se han encontrado altas actividades en disolventes con un log P > 4 y dichos disolventes tienen un peso molecular mayor a 150. <sup>46,59</sup>

Se ha establecido que si las condiciones ambientales adquiridas favorecen la solubilidad del sustrato y, la solubilidad del producto es baja, la velocidad de reacción será mayor.

Mediante estudios recientes se ha podido establecer que existe una concentración crítica del cosolvente orgánico en la cual existe un cambio abrupto en las propiedades catalíticas y espectroscópicas de la enzima. <sup>27,46,57.</sup>

## 11.5.- Propiedades de la enzima en disolventes orgánicos

### 11.5.1.- Especificidad del sustrato

Las interacciones intramoleculares determinan la fuerza de unión entre los ligandos y los receptores y son responsables de la unión de los sustratos a la enzima. La energía de enlace en los sistemas biológicos siempre se determina por las diferencias de energía entre las moléculas en solución interactuando con el disolvente y las moléculas interactuando entre sí. Por lo tanto, cuando un medio de reacción acuoso se sustituye por un disolvente orgánico, la energía libre de la unión enzima-sustrato cambia, afectando la especificidad del sustrato y la actividad del catalizador.

El empleo de disolventes no acuosos trae como consecuencia la posibilidad de emplear enzimas proteolíticas en un número de reacciones sintéticas donde el agua, como reactivo, es sustituido por otros nucleófilos. <sup>7,23,86,87</sup>

### 11.5.2.-Estereoespecificidad

En general, las enzimas colocadas en disolventes orgánicos mantienen su estereoselectividad y pueden emplearse exitosamente en alguna síntesis. Sin embargo, en la transición del agua a un disolvente orgánico como medio de reacción cambia la enantioselectividad de algunas enzimas. Las esterificaciones catalizadas por lipasas en disolventes orgánicos, por ejemplo, generalmente son más enantioselectivas que las correspondientes a las reacciones hidrolíticas en agua. <sup>23,86</sup>

### 11.5.3.- Estructura

El conocimiento de la conformación proteica en los disolventes orgánicos es crucial para entender y ampliar el uso de la catálisis enzimática en estos sistemas. Hay un número de estudios recientes acerca del efecto del disolvente orgánico en la estructura de la proteína. Desafortunadamente, la insolubilidad de las proteínas en la mayoría de los disolventes orgánicos limitó significativamente el número de disolventes estudiados.<sup>c</sup> Los disolventes que disuelven a las proteínas como dimetilformamida, dimetilsulfóxido y 2-cloroetanol fueron usados en la mayoría de los estudios. Se demostró que estos disolventes actúan directamente con proteínas causando cambios significativos en su estructura.<sup>86</sup>

En contraste, otros disolventes orgánicos como los polioles (incluyendo glicerol, 2-metil-2,4-pentanediol) estabilizaron a las proteínas. No se tienen estudios importantes del efecto de otros disolventes hidrofílicos o de disolventes hidrofóbicos inmiscibles en agua. Un número de experimentos cinéticos revela que las enzimas en algunos disolventes orgánicos exhiben actividades comparables a las que se presentan en agua. Esto indica que su estructura en estos disolventes no se diferencia radicalmente de aquella que presentan en agua.<sup>6,86</sup>

### 11.5.4.- Termoestabilidad

Se ha establecido que los disolventes orgánicos anhidros como medio de reacción incrementan significativamente la estabilidad de la enzima, en particular, su termoestabilidad. Por lo tanto, los procesos que conducen hacia una inactivación irreversible de enzimas (formación de estructuras incorrectas, intercambio de enlaces disulfuro, hidrólisis de enlaces péptidos) requieren agua y por lo tanto, no ocurren en ambientes libres de ella como los disolventes orgánicos. Además, la disminución de la actividad acuosa disminuye la movilidad de la molécula proteica y consecuentemente previene el desdoblamiento parcial de la enzima, el cual es el primer paso en el proceso de termoinactivación.<sup>82,86</sup>

## 11.6.- Enzimas catalizadoras en la síntesis de ésteres

Es sorprendente la gran variedad de enzimas que pueden encontrarse en la naturaleza. El uso de enzimas para catalizar la síntesis de ésteres se ha convertido en una práctica común reciente. Es posible encontrar en la literatura una amplia variedad de diferentes sustratos y condiciones para llevar a cabo tales transformaciones. Dentro de las enzimas catalizadoras en la síntesis de ésteres es muy común el escuchar mencionar a las lipasas.<sup>85-89,105</sup>

### 11.6.1.- Propiedades de las lipasas

Las glicerol éster hidrolasas están universalmente presentes ya que son sustratos de los triacilglicérols. Son enzimas digestivas independientemente si son secretadas por hongos, bacterias o pancreas humano y no están involucradas en el proceso anabólico. Las lipasas pueden ser aisladas en gran escala de diferentes fuentes. La tabla 14 enumera las propiedades de las preparaciones de las lipasas comunes.<sup>167</sup>

Tabla 14.- Comparación de propiedades de diversas preparaciones de lipasas <sup>167</sup>

Fuente (especies)	Rango de pH	Temperatura °C
Pancreas de cerdo	6.5-9.5	40-45
Especies de <i>Rhizopus</i>	6.0-7.5	35-40
<i>Mucor javanicus</i>	5.5-8.0	40-45
<i>Aspergillus niger</i>	3.0-7.0	40-50
<i>Pseudomonas</i>	4.0-5.0	50-60

Poseen habilidad para actuar en la interfase entre el agua y la fase no acuosa, la cual puede ser una gota de triacilglicérido en sí o una solución de este en una parafina tal como hexano.

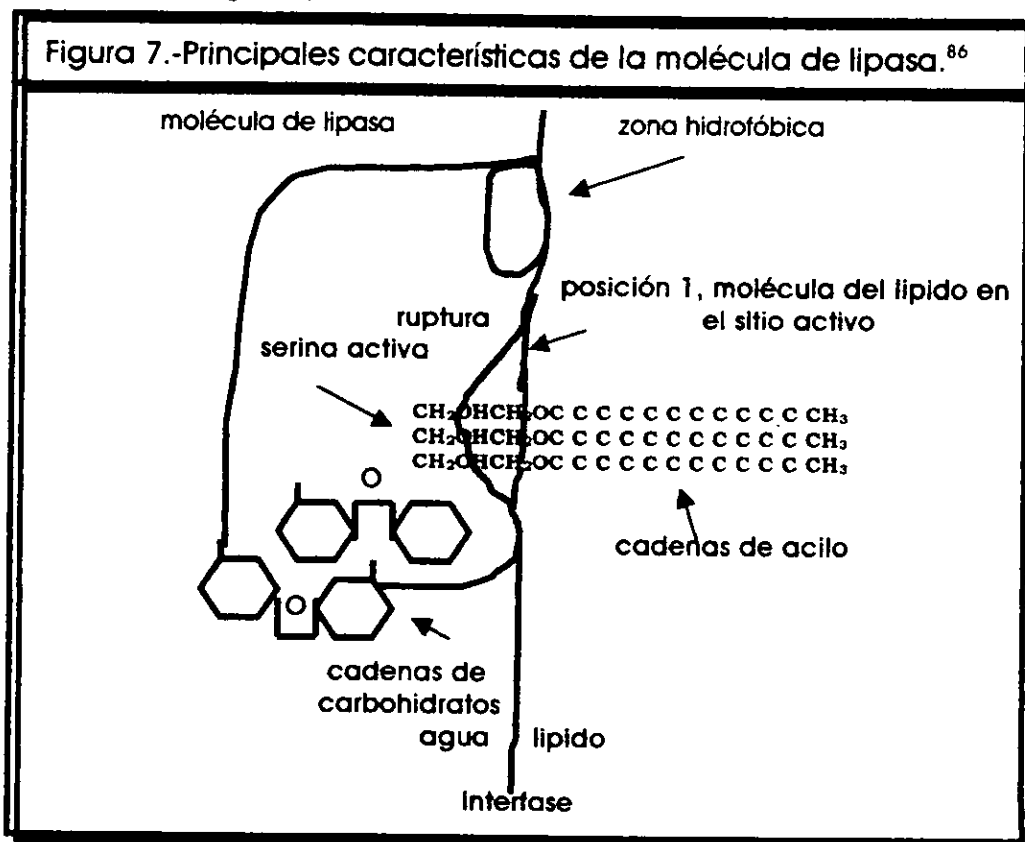
La actividad de la lipasa depende del área de superficie disponible, y generalmente se determina en emulsiones con un gran exceso de superficie comparado con la cantidad de enzima presente. Las enzimas secretadas como las lipasas fúngicas se acompañan de una mezcla potente de proteasas como parte de su batería digestiva. No es posible determinar las velocidades de reacción en la misma forma que para las enzimas que actúan en substratos solubles ya que conduce a datos erróneos o restringidos de la enzimología clásica.<sup>23,166-168</sup>

Es útil saber que las lipasas son enzimas hidrofóbicas debido a que interactúan fuertemente con lípidos. Hay un interés reciente en las lipasas debido a que han encontrado utilidad en su adición a detergentes. Se han encontrado lipasas estables en alcalis provenientes de *Pseudomonas*.

Se han desarrollado algunas aplicaciones en el área de alimentos, mientras que su habilidad para trabajar en disolventes orgánicos ha presentado gran interés en el campo orgánico incluyendo la síntesis de algunos componentes aromáticos.<sup>111</sup>

Las estructuras cristalográficas de alta resolución para las lipasas no se han reportado aún, pero algunas de baja resolución están disponibles para la lipasa de *Geotrichum candidum* y para la lipasa equina. Esto sugiere la presencia de un centro activo en la parte baja de la ruptura, lo cual explica la variedad de especificidad de la enzima.

Como se sugiere en la figura 7, dependiendo de la estereoquímica, ya sea en la posición 1- o 3- se puede alcanzar el punto correcto, pero la posición 2- no es capaz de hacerlo. La mayoría de las lipasas parecen atacar las uniones 1 y 3 pero algunas pueden hidrolizar las tres.<sup>86,116,165</sup>

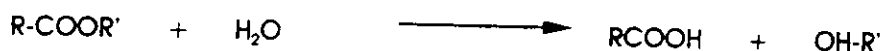


## 11.6.2.- Reacciones catalizadas por lipasas

Las lipasas se han definido tradicionalmente como "enzimas capaces de hidrolizar ésteres del ácido oléico". La definición de una lipasa como una enzima hidrolítica se origina de su función fisiológica de su hidrólisis de triglicéridos. En años más recientes, el reconocimiento de que las enzimas son catalizadores efectivos tanto para la hidrólisis como para la síntesis del éster trajo como consecuencia un interés tremendo para la química orgánica.<sup>10,17,19,22,23,66</sup>

Desde el punto de vista biotecnológico, las lipasas catalizan tres tipos de reacciones. La acción catalítica de las lipasas es reversible. Catalizan la síntesis de ésteres en sistemas microacuáticos:

### a) HIDRÓLISIS DEL ÉSTER

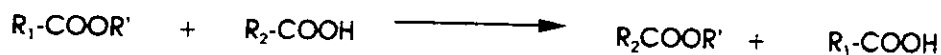


### b) SÍNTESIS DE UN ÉSTER

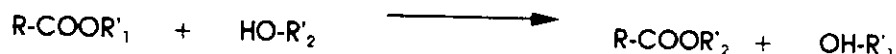


### c) TRANSESTERIFICACIÓN

#### c.1 acidólisis



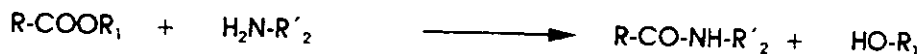
#### c.2 alcoholisis



#### c.3 interesterificación



#### c.4 aminólisis



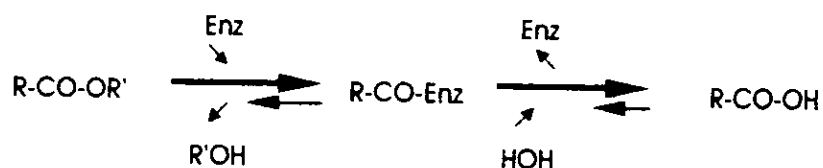
Como es de notarse, la transesterificación se categoriza en cuatro divisiones de acuerdo con las especies químicas con las que el éster reacciona.<sup>10,15, 19,20,21,22,23,33,36,38,41,50,53,55,109-111,117</sup>

El mecanismo generalmente aceptado para la hidrólisis de un éster catalizada por las lipasas es el siguiente:



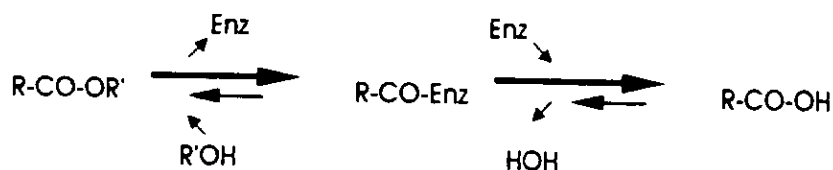
Hidrólisis enzimática del éster

HOH >> R'OH



Síntesis enzimática del éster

R'OH > HOH



Se cree que la reacción procede vía un intermediario acil-enzima. La reacción es reversible y en condiciones de baja actividad acuosa, la enzima actúa en "reversa" es decir, realiza la síntesis del éster en lugar de la hidrólisis.<sup>21-23,55</sup>

Una de las características importantes de mencionar es que el sitio activo de la enzima parece acoplarse mejor cuando se emplean ácidos carboxílicos de cadena recta. Consecuentemente, es posible observar el efecto de la localización de los sustituyentes alquilo en la estructura del carbono ( tabla 15 ).<sup>55</sup>

Se observa que la ramificación disminuye el porcentaje de esterificación en todos los casos, sobre todo cuando esta se encuentra en la posición -3.

Tabla 15.-Efecto de la ramificación del grupo metilo en el porcentaje de esterificación\*<sup>55</sup>

Ácido	% De Esterificación
R-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	100
R-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH(COOH)	42
R-CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -COOH	21
R-CH(CH <sub>3</sub> )-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	84

\*Condiciones de reacción: 60°C, relación molar 1:1 (octanol-ácido), 1.0g de Lipoenzima/0.05 mol de ácido; análisis a las cuatro horas de reacción

Una serie de investigaciones en reacciones de esterificación muestran el efecto del tamaño del sustituyente alfa en el porcentaje de la reacción ( tabla 16 ). Al incrementar el tamaño de metilo a etilo se pierde totalmente la posibilidad de que este ácido funcione como un sustrato para la enzima. De manera interesante, si el grupo etilo forma parte de un anillo de ciclohexano, la capacidad del sustrato se recupera aunque en una baja proporción.<sup>9,21-23,55</sup>

Tabla 16.-Efecto del sustituyente en el carbono alfa. <sup>\*55</sup>

Ácido	% De Esterificación
$R-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$	100
$R-CH_2-CH_2-CH-COOH$	42
$\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ R-CH_2-CH_2-CH-COOH \end{array}$	0
$\begin{array}{c} CH_2 \\   \\ CH_3 \\   \\ R-CH-CH_2-CH-COOH \\   \quad   \\ CH_2-CH_2-CH_2 \end{array}$	22

\*Condiciones de reacción enlistadas en la tabla 15.

### 11.6.3.- Síntesis química de ésteres

Desde el punto de vista meramente químico, una de las reacciones más importantes de los ácidos carboxílicos es su conversión a ésteres. Existen métodos excelentes para llevar a cabo esta transformación, incluyendo una reacción  $S_N2$  entre un anión carboxilato que funciona como nucleófilo y un haluro de alquilo primario.<sup>65</sup>

Los ésteres también pueden sintetizarse por una reacción de sustitución acil-nucleófilo entre un ácido carboxílico y un alcohol. Fisher y Speier descubrieron en 1895 que pueden obtenerse ésteres simplemente calentando un ácido carboxílico en una solución de etanol o metanol con una pequeña cantidad de un ácido mineral como catalizador.

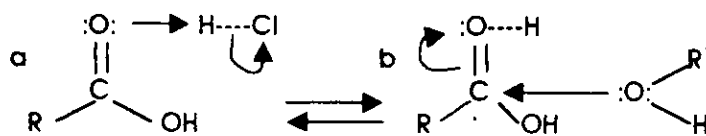
Mediante esta reacción de esterificación de Fisher se obtienen buenos rendimientos, pero la necesidad de emplear un exceso de alcohol como disolvente limita el método a la síntesis de ésteres de metilo, etilo y propilo.<sup>63-65</sup>

La reacción de esterificación de Fisher, cuyo mecanismo se muestra en la figura 8 es una reacción de sustitución acil-nucleófilo bajo condiciones ácidas. Aunque los ácidos carboxílicos libres no reaccionan en el grado deseado al ataque de la mayoría de los nucleófilos, pueden volverse más reactivos en presencia de un ácido mineral fuerte como ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. El ácido mineral actúa protonando el átomo de oxígeno del grupo carbonilo dando lugar a un ácido carboxílico cargado positivamente y más reactivo frente al ataque nucleofílico del alcohol.

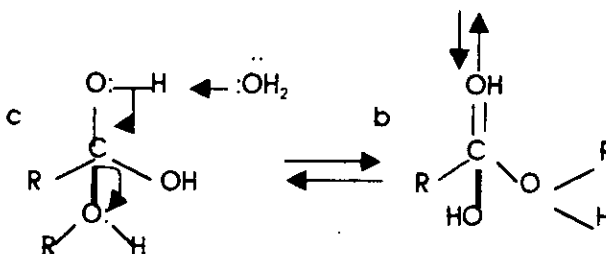
La pérdida subsecuente de agua conduce la formación del éster. El efecto real de la esterificación de Fischer es la sustitución de un grupo  $-OH$  por un grupo  $-OR'$ . Todos los pasos son reversibles, pero la formación de éster se favorece cuando se emplea un exceso de alcohol. La formación del ácido carboxílico se favorece cuando hay un gran exceso de agua ( figura 8 ).<sup>74,75,78,90-93,95,104</sup>

Figura 8.- Mecanismo de reacción de la esterificación de Fisher

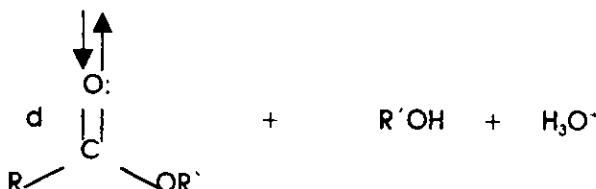
Se protona el oxígeno del grupo carbonilo y por tanto se activa el ácido carboxílico ( a )



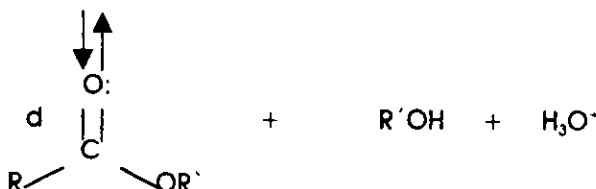
Por medio de un ataque nucleofílico Del alcohol, se forma un intermediario tetraédrico ( b )



La transferencia de un protón de un átomo de oxígeno a otro produce un segundo intermedio tetraédrico y convierte al grupo OH en un buen grupo saliente ( c )



La pérdida del protón regenera el catalizador ácido y produce el éster ( d )



### 11.6.4.- Otras enzimas en disolventes orgánicos

Si sólo se consideraran las lipasas, se puede cuestionar la generalidad del empleo de enzimas en sistemas no acuosos. Se han realizado numerosos estudios empleando otras enzimas ( tabla 17 ) en dichos sistemas.

Tabla 17.-Enzimas con actividad demostrada en disolventes orgánicos <sup>86</sup>

Enzima
Ligninasa
Lipasa
Glicosidasa
Alcohol deshidrogenasa
Proteasa
Quimotripsina
Peroxidasa

Con respecto a las glicosidasas, se evaluó el efecto del contenido de agua, la actividad acuosa, el efecto del disolvente orgánico y la concentración del sustrato en la síntesis de diversos glucósidos. Se alcanzaron rendimientos muy altos con mezclas acuo-orgánicas de 10/90 ( v/v ) agua/disolvente orgánico empleando alcoholes primarios y 15/85 empleando dioles. <sup>86,87</sup>

También se han realizado estudios sobre la oxidación de diversos alcoholes a sus aldehídos correspondientes empleando alcohol deshidrogenasa en sistemas con hexano. Se demostró la oxidación de un gran número de alcoholes, incluyendo n-butanol, n-hexanol, alcohol bencílico, n-heptanol, n-octanol, n-nonanol y n-decanol. No se observó actividad con metanol, isopropanol y alcohol amílico.

Otra aplicación interesante de la catálisis enzimática no acuosa es la degradación de la lignina. La lignina, componente estructural de arboles y otras plantas, es el segundo compuesto orgánico más abundante en la Tierra. Su degradación es una fuente renovable importante de químicos aromáticos. La degradación de la lignina también tiene aplicación en la industria del papel. La ligninasa es producida por ciertos hongos pero es difícil obtenerla en cantidades comerciales.<sup>165</sup>

Una enzima más común y menos cara es la peroxidasa que no degrada la lignina en agua pero si lo hace en dioxano al 95%. Otra aplicación es la síntesis de péptidos en disolventes orgánicos empleando alfa-quimotripsina inmovilizada en Celita en donde se evaluaron los efectos del disolvente y la actividad termodinámica del agua.<sup>86,116,165</sup>

## 11.7.- Aplicaciones de la enzimología acuosa

La catálisis enzimática en sistemas microacuosa presenta una gran variedad de aplicaciones. Muchos procesos enzimáticos pueden tener valor práctico si se llevan a cabo en disolventes orgánicos en lugar de agua. Uno de los aspectos más interesantes en la química orgánica es la búsqueda de alta especificidad.<sup>9,14,24</sup>

La falta de selectividad en los resultados, trae como consecuencia costos en la separación, purificación y tratamiento de residuos. Por otro lado, la virtud de las enzimas es su especificidad, así como, su habilidad para trabajar en disolventes orgánicos. Esto las hace particularmente adecuadas para transformaciones prácticas.<sup>28,32,44</sup>

Las aplicaciones más importantes en la enzimología no acuosa, además de la síntesis de ésteres, se encuentran enlistadas en la tabla 20.<sup>50,51, 54,60,66,69,71,112-115</sup>

Tabla 18.-Aplicaciones importantes de la enzimología no acuosa.<sup>60,66,112-115</sup>

Aplicación	Ejemplos
SÍNTESIS ORGÁNICA	Lipasa para la síntesis de un péptido precursor de penicilina G. Lipasa para la síntesis de dipéptidos. Producción de ésteres aromáticos por <i>R.oryzae</i> Uso de termolisina Uso de tripsina Preparación de ésteres alquílicos Producción de glicéridos y glicerol Síntesis de ésteres de geraniol por transesterificación Síntesis de butirato de geraniol por lipasas Síntesis enzimática de ésteres usando enzimas inmovilizadas Esterificación intramolecular por polvo de lipasa. Interesterificación de grasas y aceites.
ANÁLISIS	Determinación de colesterol en disolventes orgánicos Lipasa acoplada con un indicador de pH. Peroxidasa con un disolvente cromogénico. Termoestabilidad de ATPasa mitocondrial Activación enzimática inducida.
POLÍMEROS	Polimerización de fenoles por peroxidasa.
OLIGOMERIZACIÓN	Oligomerización estereoselectiva de diésteres y dioles por lipasas

## 12.- Ésteres y sus propiedades

Existe una gran variedad de ésteres que tienen aplicación en diferentes industrias. Por cuestión de espacio, sólo se mencionan aquellos que se sintetizaron en este trabajo experimental.<sup>2,76,77,97,98,100,103</sup>

ÉSTER: ACETATO DE METILO	SINÓNIMOS: ETANOATO DE METILO
Peso molecular: 74 g/mol	
FORMULA DESARROLLADA: $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	FORMULA CONDENSADA: $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$
Punto de fusión: $-98^\circ\text{C}$	Punto de ebullición: $56.9-57.8^\circ\text{C}$
Flash point: $14^\circ\text{F}$	Densidad ( $20^\circ\text{C}$ ): 0.924-0.934
Índice de refracción $n_D(20^\circ\text{C})$ : 1.3614	Edo. físico: líquido incoloro
Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.	Aroma: frutal / etéreo
Uso: tiene poco uso en perfumería. Se emplea en formulaciones para la imitación de diversos sabores y aromas principalmente Brandy, Whisky, fresa y complejos frutales. Se utiliza en concentraciones de 0.1 a 30 p.p.m en producto terminado.	Toxicidad: irritante por inhalación para la piel y ojos. Líquido inflamable. Cuando se calienta a descomposición emite vapores irritantes.

ÉSTER: ACETATO DE ETILO	SINÓNIMOS: ETANOATO DE ETILO, ÉTER ACÉTICO, ACETOXETANO
Peso molecular: 88.11 g/mol	
FORMULA DESARROLLADA: $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$	FORMULA CONDENSADA: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$
Punto de fusión: $-83^\circ\text{C}$	Punto de ebullición: $77.1^\circ\text{C}$
Flash point: $24^\circ\text{F}$	Densidad ( $20^\circ\text{C}$ ): 0.900-0.902
Índice de refracción $n_D(20^\circ\text{C})$ : 1.3719-1.3723	Edo. físico: líquido incoloro
Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, acetona, cloroformo y éter.	Aroma: brandy / etéreo
Uso: es uno de los ésteres con mayor uso en la industria de los sabores. Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aroma de plátano, uva, piña, durazno, limón, mantequilla, pera y melón. Se utiliza en concentraciones de 200 a 1500 p.p.m en producto terminado.	Toxicidad: irritante por inhalación para la piel y ojos. Ligeramente tóxico por ingestión. Puede causar dermatitis. Es ligeramente narcótico. LD50 oral en ratas: 11.3 mg/Kg

ÉSTER: ACETATO DE N-PROPILO	SINÓNIMOS: ÉSTER PROPÍLICO DE ÁCIDO ACÉTICO
Peso molecular: 102.14 g/mol	
FORMULA DESARROLLADA: $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	FORMULA CONDENSADA: $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$
Punto de fusión: $-92^\circ\text{C}$	Punto de ebullición: $101.6^\circ\text{C}$
Flash point: $58^\circ\text{F}$	Densidad ( $20^\circ\text{C}$ ): 0.836
Índice de refracción $n_D(20^\circ\text{C})$ : 1.3844	Edo. físico: líquido incoloro
Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, glicerina, propilenglicol y éter.	Aroma: pera
Uso: Se emplea raramente en perfumería. Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aroma de fresa, manzana, pera, cereza, durazno, piña, melón y pepino. Se utiliza en concentraciones de 5 a 15 p.p.m en producto terminado.	Toxicidad: irritante por inhalación para la piel y ojos. Ligeramente tóxico por ingestión. Narcótico a altas concentraciones. Explosivo en forma de vapor cuando es expuesto al calor o flama. LD50 oral en ratas: 9.370 g/Kg

**ÉSTER: ACETATO DE ISOPROPILO**

Peso molecular: 102.14 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ Punto de fusión:  $-73^\circ\text{C}$ Flash point:  $40^\circ\text{F}$ Índice de refracción  $n_D (20^\circ\text{C})$ : 1.3773

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aroma de fresa, manzana, pera, durazno y diversos complejos frutales. Se utiliza en concentraciones de 20 a 80 p.p.m en producto terminado.

**SINÓNIMOS: 2-PROPILOACETATO**FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ Punto de ebullición:  $88.4-89^\circ\text{C}$ Densidad ( $20^\circ\text{C}$ ): 0.874

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: pera

Toxicidad: irritante por inhalación para la piel y ojos. Ligeramente tóxico por ingestión. Narcótico a altas concentraciones. Explosivo en forma de vapor cuando es expuesto al calor o flama.

LD<sub>50</sub> oral en ratas: 6.75 g/Kg**ÉSTER: ACETATO DE N-BUTILLO**

Peso molecular: 116.16 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:

 $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ Punto de fusión:  $-77^\circ\text{C}$ Flash point:  $72^\circ\text{F}$ Índice de refracción  $n_D (20^\circ\text{C})$ : 1.3951-1.3960

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aroma de fresa, pera, durazno, plátano, mantequilla, piña y ciruela. Se utiliza en concentraciones de 30 a 35 p.p.m en producto terminado. En gomas de mascar alcanza concentraciones de 200 a 240 p.p.m.

**SINÓNIMOS: ACETATO DE 1-BUTILLO****ETANOATO DE BUTILO**FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ Punto de ebullición:  $125-126^\circ\text{C}$ Densidad ( $20^\circ\text{C}$ ): 0.874

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: pera /fresa /plátano

Toxicidad: irritante por inhalación para la piel y ojos. Ligeramente tóxico por ingestión. Líquido inflamable.

LD<sub>50</sub> oral en ratas: 14.13 g/Kg**ÉSTER: ACETATO DE BENCILO**

Peso molecular: 150.17 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:

 $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ Punto de fusión:  $-51^\circ\text{C}$ Flash point:  $216^\circ\text{F}$ Índice de refracción  $n_D (20^\circ\text{C})$ : 1.5050-1.5232

Solubilidad: insoluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

Uso: Se usa ampliamente en perfumería en fragancias de jazmín y gardenia. Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aroma de fresa, pera, durazno, plátano, mantequilla, membrillo, ciruela y frambuesa. Se utiliza en concentraciones de 30 a 35 p.p.m en producto terminado. En gomas de mascar alcanza concentraciones de 800 p.p.m.

**SINÓNIMOS: ÉSTER BENCÍLICO DE ÁCIDO****ACÉTICO, ETANOATO DE BENCILO**FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ Punto de ebullición:  $213-215^\circ\text{C}$ Densidad ( $20^\circ\text{C}$ ): 1.055

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal / jazmín /gardenia

Toxicidad: veneno por inhalación. Moderadamente tóxico por ingestión. Se sospecha cancerígeno.

LD<sub>50</sub> oral en ratas: 2490 mg/Kg

**ESTER: PROPIONATO DE METILO**

Peso molecular: 88.11 g/mol

**SINÓNIMOS: PROPANOATO DE METILO****PROPILATO DE METILO****FORMULA DESARROLLADA:**

Punto de fusión: -87°C

Flash point: 28°F

Índice de refracción  $n_D$  (20 °C): 1.3769

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

**FORMULA CONDENSADA: C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>**

Punto de ebullición: 80°C

Densidad (20°C): 0.911-0.937

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal / dulce

Uso: No se utiliza en perfumería debido a su alta volatilidad. Forma parte de formulaciones para la imitación de diversos complejos frutales. Se utiliza en concentraciones de 20 a 130 p.p.m en producto terminado.

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel. Explosivo en forma de vapor cuando se expone al calor o flama.

**ESTER: PROPIONATO DE ETILO**

Peso molecular: 102.14 g/mol

**SINÓNIMOS: ÉTER PROPIONICO****FORMULA DESARROLLADA:**

Punto de fusión: -73°C

Flash point: 54°F

Índice de refracción  $n_D$  (20 °C): 1.3839

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

**FORMULA CONDENSADA: C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>**

Punto de ebullición: 99°C

Densidad (20°C): 0.891

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de piña, mantequilla, pera y manzana. Se utiliza en concentraciones de 10 a 100 p.p.m en producto terminado. En goma de mascar alcanza concentraciones de 1100 p.p.m.

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel, ojos. Incompatible con materiales oxidantes.

**ESTER: PROPIONATO DE N-PROPILO**

Peso molecular: 116.16 g/mol

**SINÓNIMOS: PROPANOATO DE PROPILO****FORMULA DESARROLLADA:**

Punto de fusión: -76°C

Flash point: NO REPORTADO

Índice de refracción  $n_D$  (20 °C): 1.3935

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

**FORMULA CONDENSADA: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>2</sub>**

Punto de ebullición: 122-124°C

Densidad (20°C): 0.883

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal (piña-manzana) / floral

Uso: Se utiliza en perfumería principalmente en aquellas formulaciones con bases florales y cítricas. Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de manzana, plátano, cereza, melón y piña. Se utiliza en concentraciones de 5 a 30 p.p.m en producto terminado.

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel.

**ESTER: PROPIONATO DE ISOPROPILO****SINÓNIMOS: PROPANOATO DE ISOPROPILO**

Peso molecular: 116.16 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:



Punto de fusión: NO REPORTADO

Flash point: NO REPORTADO

Índice de refracción  $n_D$  ( 20 °C ): 1.3935

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de complejos frutales. Se utiliza en concentraciones de 10 a 50 p.p.m en producto terminado.

FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ 

Punto de ebullición: 111°C

Densidad ( 20°C ): 0.890

Edo. físico: líquido incoloro

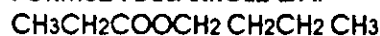
Aroma: frutal

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel.

**ESTER: PROPIONATO DE N-BUTILLO****SINÓNIMOS: PROPANOATO DE BUTILO**

Peso molecular: 130.19 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:



Punto de fusión: -89°C

Flash point: NO REPORTADO

Índice de refracción  $n_D$  ( 20 °C ): 1.401

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de mantequilla, ron y diversos tipos de frutas. Se utiliza en concentraciones de 30 p.p.m en producto terminado.

FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ 

Punto de ebullición: 145-146.8°C

Densidad ( 20°C ): 0.875

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: etéreo / alcohólico

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel. Incompatible con materiales oxidantes

**ESTER: PROPIONATO DE BENCILO****SINÓNIMOS: PROPANOATO DE BENCILO**

Peso molecular: 164.20 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:



Punto de fusión: NO REPORTADO

Flash point: NO REPORTADO

Índice de refracción  $n_D$  ( 20 °C ): 1.4996

Solubilidad: insoluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de piña, plátano, pera, uva y manzana. Se utiliza en concentraciones de 40 p.p.m en producto terminado. En goma de mascar alcanza concentraciones de 150 p.p.m.

FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ 

Punto de ebullición: 219-220°C

Densidad ( 20°C ): 1.033

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal / floral ( jazmín )

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel, ojos.



**ÉSTER: BUTIRATO DE METILO****SINÓNIMOS: BUTANOATO DE METILO**

Peso molecular: 102.14 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:



Punto de fusión: -95°C

Flash point: 57°F

Índice de refracción  $n_D$  (20 °C): 1.3879

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

Uso: Se emplea en perfumería como enmascarante de olores. Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de manzana, piña, melón y durazno. Se utiliza en concentraciones de 20 a 100 p.p.m en producto terminado.

FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ 

Punto de ebullición: 102°C

Densidad (20°C): 0.898

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal (durazno-manzana)

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel. Incompatible con materiales oxidantes

**ÉSTER: BUTIRATO DE ETILO****SINÓNIMOS: BUTANOATO DE ETILO ÉTER**

Peso molecular: 116.16 g/mol

**BUTÍRICO**

FORMULA DESARROLLADA:



Punto de fusión: -93°C

Flash point: 78°F

Índice de refracción  $n_D$  (20 °C): 1.4000

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.

Uso: Se emplea en perfumería principalmente en bases florales. Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de mantequilla, caramelo, plátano, cereza, uva, naranja y durazno. Se utiliza en concentraciones de 30 a 100 p.p.m en producto terminado. En goma de mascar alcanza concentraciones de 1400 p.p.m.

FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$ 

Punto de ebullición: 120-121°C

Densidad (20°C): 0.879

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal (piña-plátano)

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel. Incompatible con materiales oxidantes.

LD<sub>50</sub> oral en ratas: 13.050 mg/Kg**ÉSTER: BUTIRATO DE N-PROPILO****SINÓNIMOS: N-BUTANOATO DE N-PROPILO**

Peso molecular: 130.19 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:



Punto de fusión: -95 °C

Flash point: NO REPORTADO

Índice de refracción  $n_D$  (20 °C): 1.3995

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.

Uso: Es posible encontrarlo en cosméticos como enmascarante de olores (lociones, fijadores para el cabello). Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de piña, fresa y plátano. Se utiliza en concentraciones de 5 a 25 p.p.m en producto terminado.

FORMULA CONDENSADA:  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$ 

Punto de ebullición: 143°C

Densidad (20°C): 0.880

Edo. físico: líquido incoloro

Aroma: frutal (piña-plátano)

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel. Incompatible con materiales oxidantes.

LD<sub>50</sub> oral en ratas: 15 mg/Kg

**ÉSTER: BUTIRATO DE ISOPROPILO****SINÓNIMOS: N-BUTANOATO DE ISOPROPILO**

Peso molecular: 130.19 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:

FORMULA CONDENSADA: C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOCH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>3</sub>

Punto de fusión: NO REPORTADO

Punto de ebullición: 130°C

Flash point: NO REPORTADO

Densidad ( 20°C ): 0.860

Índice de refracción n<sub>D</sub> ( 20 °C ): NO REPORTADO

Edo. físico: líquido incoloro

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.

Aroma: frutal ( piña-fresa )

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de piña, fresa y manzana. Se utiliza en concentraciones de 20 a 40 p.p.m en producto terminado.

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel. Incompatible con materiales oxidantes

**ÉSTER: BUTIRATO DE N-BUTILO****SINÓNIMOS: N-BUTANOATO DE N-BUTILO**

Peso molecular: 144.22 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:

FORMULA CONDENSADA: C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>

Punto de fusión: NO REPORTADO

Punto de ebullición: 165-166°C

Flash point: 128°F

Densidad ( 20°C ): 0.867-0.871

Índice de refracción n<sub>D</sub> ( 20 °C ): 1.4050-1.4064

Edo. físico: líquido incoloro

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol, propilenglicol y éter.

Aroma: frutal ( piña-plátano )

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de piña, mantequilla, durazno, pera, membrillo y manzana. Se utiliza en concentraciones de 20 p.p.m en producto terminado. En goma de mascar alcanza concentraciones de 1500 p.p.m.

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel, ojos y membranas mucosas. Incompatible con materiales oxidantes. Narcótico en altas concentraciones.

**ÉSTER: BUTIRATO DE BENCILO****SINÓNIMOS: N-BUTANOATO DE N-BENCILO**

Peso molecular: 178.23 g/mol

FORMULA DESARROLLADA:

FORMULA CONDENSADA: C<sub>11</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOCH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>

Punto de fusión: NO REPORTADO

Punto de ebullición: 238-240 °C

Flash point: 212°F

Densidad ( 20°C ): 1.006

Índice de refracción n<sub>D</sub> ( 20 °C ): 1.4920

Edo. físico: líquido incoloro

Solubilidad: moderadamente soluble en agua, miscible con alcohol y éter.

Aroma: frutal ( ciruela )

Uso: Forma parte de formulaciones para la imitación de sabores y aromas de piña, mantequilla, durazno, pera y fresa. Se utiliza en concentraciones de 10 p.p.m en producto terminado. En goma de mascar alcanza concentraciones de 350 p.p.m.

Toxicidad: Moderadamente tóxico por ingestión e inhalación. Irritante para la piel, ojos. Incompatible con materiales oxidantes.

## 13.-Hongos filamentosos y su importancia industrial

En la economía de la naturaleza, los hongos filamentosos están presentes en la producción de diversos compuestos de importancia industrial. El suelo es un reservorio permanente de estos organismos filamentosos. Las especies saprófitas juegan un papel importante en el proceso de mineralización. Sin embargo, el suelo también contiene parásitos y patógenos que sobreviven en forma de esporas permanentes o en la fase saprofítica de su ciclo de vida.<sup>61</sup>

Estas especies infectan plantas viables u organismos animales. Las especies saprofíticas también pueden atacar productos almacenados o alimentos preservados y causar grandes daños. Algunos de ellos degradan azúcares, proteínas y lípidos por lo que la calidad de los alimentos puede verse deteriorada.

La gran adaptación de estos hongos hacia los nutrientes, las condiciones climáticas, así como su simple propagación, les permite colonizar nuevos sustratos y por lo tanto, invadir áreas completas de nuestro ambiente.<sup>62</sup>

Por otro lado, los hongos filamentosos juegan un papel positivo en diversos procesos industriales. Algunas áreas de la industria alimenticia no existirían sin ellos. Estos hongos se utilizan en la producción de pan, de bebidas alcohólicas e incluso en la producción de quesos.

La industria química emplea los hongos filamentosos debido a su habilidad para sintetizar ácidos orgánicos, vitaminas, hormonas, etc.

La industria farmacéutica comenzó la producción de antibióticos con el descubrimiento de la penicilina producida por *Penicillium chrysogenum* y *Penicillium notatum*.

A los hongos filamentosos se les considera actualmente como agentes útiles en la purificación de aguas residuales. De los hongos filamentosos no sólo pueden aprovecharse los productos que de ellos se obtienen, las células, las esporas y las enzimas que estas contienen constituyen elementos de gran valor comercial por el hecho de que pueden ser aprovechadas en diferentes situaciones bajo condiciones adecuadas. Dentro de los hongos filamentosos más conocidos se encuentran los pertenecientes al género *Aspergillus* y *Penicillium*.<sup>61,62,72,73</sup>

*Ceratocystis fimbriata* es otro hongo filamentoso que está comenzando a ser centro de atención debido a su capacidad de sintetizar aromas dentro de un medio de cultivo adecuado. Poca información concerniente a esta cepa está disponible en la literatura y no se duda que dentro de poco su importancia dentro de la biotecnología vaya en aumento.<sup>3,62</sup>

### 13.1.-Características generales de *Ceratocystis fimbriata*

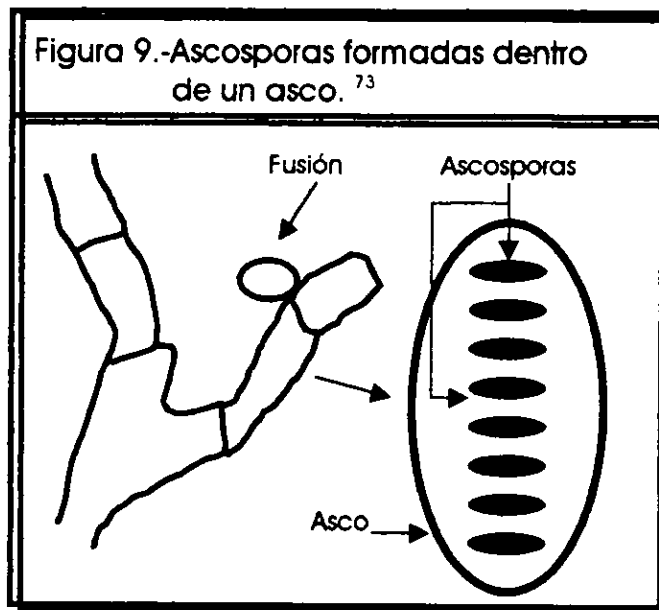
*Ceratocystis fimbriata* presenta la siguiente taxonomía:

División	Eumycota
Subdivisión	Ascomycotina
Clase	Euascomycetos
Orden	Microascales
Familia	Ofiostomataceas
Género	<i>Ceratocystis</i>
Especie	<i>fimbriata</i>
Clave	CBS 374-83 ( Ellis and Halst )

### 13.1.1.- ORDEN *Microascales*

Los principales caracteres de los *Microascales* son las ascosporas dextrinoides, con poros germinales y una fase asexual de aneloconidios o aleuroconidios. Se han reconocido dos familias: *Microascáceas* y *Ofiostomatáceas*.

Las ascosporas son esporas sexuales que resultan de la fusión del núcleo de dos células que pueden ser morfológicamente iguales o distintas. Estas esporas se producen en una estructura similar a un "saco" denominado asco. Generalmente cada asco contiene de dos a ocho esporas ( figura 9 ).<sup>72,73</sup>



#### 13.1.1.1.- Familia *Microascáceas*

Se trata de una familia que incluye hongos plectomicétidos con ascocarpos peludos, con o sin ostiolas; ascos sin uncínulos; y ascosporas unicelulares de color oscuro, dextrinoides cuando son jóvenes, con uno o dos poros germinales.<sup>62</sup>

#### 13.1.1.2.- Familia *Ofiostomatáceas*

La familia de las *Ofiostomatáceas* incluye el género *Ceratocystis*, al cual pertenecen varios hongos económicamente importantes. Además *Europhium*, *Sphaeronemella* y *Ceratocystopsis* han sido ordenados en esta familia por varios investigadores. Resulta interesante que se haya encontrado celulosa en las paredes celulares de *Ceratocystis ulmi*.

Entre los parásitos de las plantas están *Ceratocystis fagacearum*, causante de la marchitez de los robles; *Ceratocystis ulmi*, agente de la enfermedad holandesa del olmo, y *Ceratocystis fimbriata*, causante de la pobredumbre negra de las papas. Varias especies del género *Ceratocystis*, como *Ceratocystis pilifera* y *Ceratocystis minor*, son responsables del "azuleo" que reduce considerablemente el valor comercial de la madera.<sup>62</sup>

# SECCION II

---

---

## Planteamiento del problema

---

---

“La perfección se alcanza no cuando ya no hay nada que añadir; sino cuando ya no hay nada que suprimir”

Antonie de Saint-Exupery

---

## II.-Planteamiento del problema

---

Entre los compuestos que produce *Ceratocystis fimbriata* destacan los ésteres con aromas frutales.

Los ésteres son compuestos con propiedades aromáticas con características frutales presentes en muchos alimentos, por lo que su producción por técnicas biocatalíticas ha recibido reciente atención.

El descubrimiento de la actividad de muchas lipasas en disolventes orgánicos ha estimulado el uso de estas enzimas para producir ésteres en sistemas no acuosos.

Muchas lipasas están disponibles comercialmente pero su uso está muy limitado debido a su costo, mientras que su purificación puede ser muy laboriosa. El uso de células completas como catalizador evita estos problemas. Incluso las enzimas comúnmente se utilizan en forma inmovilizada y el uso de la célula íntegra, en principio, protege a las enzimas justo como lo hace una matriz de inmovilización. Poca información acerca de las esterificaciones en disolventes orgánicos mediada por células íntegras está disponible en la literatura.

La tendencia actual hacia productos de origen natural conduce a prestar interés en microorganismos poco estudiados ( en este caso, del género *Ceratocystis* ) que dentro de sus características ofrezcan capacidades catalíticas en reacciones de importancia en el campo de los aromas como lo es la esterificación, favoreciendo por tanto costos, procesos, rendimientos y condiciones ambientales.

# SECCION III

---

---

## Objetivos

---

---

“El buen liderazgo consiste en hacer menos y ser más”

Tao-te Ching

---

### III.-Objetivos

---

#### General

- a) Evaluar la capacidad catalítica del hongo filamentosos *Ceratocystis fimbriata* en reacciones de esterificación para la producción de aromas

#### Particulares

- a) Obtener compuestos con características aromáticas a través de reacciones de esterificación en sistemas biorgánicos catalizadas por micelio.
- b) Obtener compuestos con características aromáticas a través de reacciones de esterificación en sistemas biorgánicos catalizadas por esporas.
- c) Definir las condiciones de reacción y materias primas adecuadas para el máximo rendimiento de los productos aromáticos.



# SECCION IV

---

---

## Hipótesis

---

---

“Reyes o gobernantes no son los que llevan el cetro, sino los que saben mandar”

Anónimo

---

## IV.-Hipótesis

---

Los ácidos carboxílicos reaccionan con alcoholes para formar ésteres a través de una reacción de condensación conocida como esterificación.

Este tipo de reacción procede muy lentamente por lo que debe ser catalizada. Si en el micelio y esporas íntegras del hongo *Ceratocystis fimbriata* se encuentran presentes las enzimas importantes en la producción de ésteres tales como las lipasas, es posible la obtención de productos aromáticos pertenecientes a esta familia química, los cuales mediante condiciones de reacción específicas, materias primas adecuadas y una relación molar definida ofrecerán una opción a nivel industrial dentro del área de alimentos y perfumería, facilitando la síntesis de productos, que ha menudo son difíciles de obtener sin la intervención microbiológica.

# SECCION V

---

---

## Metodología

---

---

“No ames lo que eres, sino lo que puedes llegar a ser”

Miguel de Cervantes Saavedra

## VI.- Metodología

### 1.-Material

#### Instrumentos

Balanza analítica Bosch  
 Cromatógrafo de gases/masas Hewlett Packard 5890  
 columna FFAP, rampa de temperatura : 70°C durante 3 minutos y posteriormente 5°C por minuto hasta llegar a 145°C. Temperatura del detector: 280°C  
 Espectrómetro de infrarrojo Perkin Elmer 1600

#### Equipo

Refrigerador General Electric  
 Autoclave AESA 300  
 Campana de flujo laminar Veco  
 Estufa  
 Parrillas de agitación y calentamiento Thermolyne 1000  
 Bomba de vacío Koblenz  
 Microscopio Nykon Type 104  
 Reostatos Staco Energy Products  
 Baño con agitación Labline 1600  
 Centrifuga Beckman TJ-6

#### Material de vidrio

Matraces Erlenmeyer de 125ml, 250ml y 1000ml  
 Tubos de ensaye 13x100 con tapa de baquelita  
 Pipetas graduadas de 1ml, 2ml, 5ml y 10 ml  
 Equipo de destilación Quickfit Corline  
 Vasos de precipitado de 250ml, 600ml y 1000ml  
 Bureta graduada de 100ml  
 Pipetas Pasteur  
 Frascos goteros  
 Termómetros con escala de 10 a 150 °C  
 Matraces Kitazato de 250 ml  
 Probetas de 25ml y 100ml  
 Tubos de ensaye 18x150  
 Vidrios de reloj  
 Cámara de Neubauer  
 Portaobjetos  
 Cubreobjetos  
 Viales de vidrio 20ml  
 Embudos de separación 125ml

#### Otros

Micropipeta de 75 microlitros  
 Espatula metálica  
 Embudos Büchner  
 Pinzas de tres dedos  
 Soportes Universales  
 Papel filtro  
 Tubos plasticos para centrifuga  
 Gasa  
 Papel de estraza  
 Algodón  
 Mangueras  
 Mortero y pistilo  
 Barras de agitación magnéticas  
 Gradillas metálicas  
 Papel pH  
 Propipeta  
 Mascara y lentes de seguridad  
 Mechero Fisher

**Material biológico**

Cepa pura de *Ceratocystis fimbriata* clave CBS 374-83 ( Ellis and Halst )

Micelio y esporas de *Ceratocystis fimbriata* obtenidos de la cepa anterior.

**Reactivos líquidos**

Ácido acético ( J.T. Baker, 0,02% de agua )  
Ácido propiónico ( Merck, 0,02% de agua )  
Ácido butírico ( J.T. Baker, 0,02% de agua )  
Alcohol metílico (J.T. Baker, 0,02% de agua )  
Alcohol etílico ( Merck, 0,2% de agua )  
Alcohol n-propílico (Merck, 0,05% de agua )  
Alcohol isopropílico ( J.T. Baker, 0,05% de agua )  
Alcohol n-butílico ( Aldrich Chemical, 0,03% )  
Alcohol bencílico ( J.T. Baker, 0,01% de agua )  
Heptano ( Merck, 0,01% de agua )  
Hexano ( Merck 0,03% de agua )  
Acetona ( J.T. Baker, 0,3% de agua )  
Ácido clorhídrico (J.T. Baker, 0,1% de agua )  
Tween ( Aldrich Chemical, 0,03% de agua )  
Agua destilada

**Reactivos sólidos**

Hidróxido de sodio ( J.T. Baker )  
Fenoltaleína ( J.T. Baker )  
Cloruro férrico ( J.T. Baker )  
Clorhidrato de hidroxilamina ( J.T. Baker )  
Bicarbonato de sodio ( J.T. Baker )  
Sulfato de magnesio anhidro ( J.T. Baker )  
Biftalato ácido de potasio ( J.T. Baker )

**Medios de cultivo**

Agar Papa Dextrosa ( Merck )  
Medio de cultivo estándar:  
Glucosa ( J.T. Baker )  
Urea ( J.T. Baker )  
Sulfato de amonio ( J.T. Baker )  
Fosfato de potasio monobásico ( J.T. Baker )  
Nitrato férrico ( J.T. Baker )  
Sulfato de Zinc ( J.T. Baker )  
Sulfato de manganeso ( J.T. Baker )  
Sulfato de magnesio ( J.T. Baker )  
Nitrato de calcio ( J.T. Baker )

## 2.-Procedimiento

### 2.1.-Parte microbiológica

#### 2.1.1.- Mantenimiento de la cepa

La cepa se mantuvo sembrándola periódicamente en agar PDA inclinado ( PDA agar papa dextrosa marca Merck ) incubando durante 120 hrs a 30 °C, se observo su morfología macroscópica y se almaceno a 4°C.

#### 2.1.2.- Preparación del inóculo

El medio PDA se preparo pesando 39 gramos por litros de agua, se colocaron 50 ml de medio en matraces Erlenmeyer de 250 ml y se inoculo cada matraz por punción con las esporas. Los matraces se incubaron a 30°C durante 5 días. Se verifico que durante ese periodo ningún matraz se encontrara contaminado por otro hongo o bacteria.

En caso de que esto se presentara, se retiro el matraz contaminado y se esterilizo. Una vez transcurridos los 5 días, los matraces se colocaron en refrigeración hasta su uso.

#### 2.1.3.- Cosecha; Obtención de esporas y micelio

La cosecha se realizo empleando 70 ml de agua con 30 perlas de vidrio, 3 gotas de Tween y un agitador magnético. Todo el material estaba estéril.

Se coloco un matraz con crecimiento de esporas en la parrilla de agitación, se adiciono agua, las perlas, Tween y el agitador magnético. Se agito durante 5 minutos y al terminar se vacio el contenido al siguiente matraz con crecimiento de esporas. Esto se realizo sucesivamente hasta terminar con todos los matraces.

Para la obtención de esporas este fue el paso final. El tratamiento final a estos biocatalizadores se señala en la parte correspondiente a "preparación de micelio y esporas de *Ceratocystis fimbriata*". Para la obtención de micelio se efectuo lo siguiente:

##### 2.1.3.1.- Conteo de esporas

Se tomo 0.5 ml de esporas ( obtenidas de la cosecha de todos los matraces anteriores ) y se transfirieron a 4.5 ml de agua ( dilución 1:10 ). La suspensión se agito por un minuto manualmente. Con una pipeta Pasteur se tomo una cantidad de la suspensión y se coloco cuidadosamente en la Camara de Neubauer. Para realizar la cuenta de esporas, se tomo en cuenta un total de 13 cuadros. El número de esporas recuperadas fue dado por la siguiente relación:

$$N = T \times \frac{(25 \times 10^4)}{13} \times D \times V$$

donde:

- N= número de esporas recuperadas  
 T= número de esporas contadas  
 D= factor de dilución  
 V= Volumen de la solución de esporas

Se reporto el número de esporas por matraz de PDA con 100 ml de medio, se obtuvieron aproximadamente  $3 \times 10^8$  esporas por matraz.

### 2.1.3.2. Obtención de micelio en la fase de meseta

#### 2.1.3.2.1.- Preparación del medio de cultivo líquido

##### Medio de cultivo estándar:

Glucosa	50.0 g/l
Urea	1.9 g/l
Sulfato de amonio	4.5 g/l
Fosfato de potasio monobásico	1.0 g/l
Nitrato de calcio	1.0 g/l
Sulfato de magnesio	0.75 g/l

más:

Oligoelementos: ( se usa una solución de 2 ml por litro de medio )

Nitrato férrico	723 mg/l
Sulfato de zinc	439 mg/l
Sulfato de manganeso	203 mg/l

Las macrosales ( fosfato de potasio monobásico, nitrato de amonio y sulfato de magnesio ) se disolvieron en 400 ml de agua y se esterizaron por calor húmedo a 121°C, 15 libras por 15 minutos.

Los oligoelementos se esterizaron juntos bajo las condiciones anteriores. De esta solución se tomaron 2 ml para un litro de medio líquido.

La glucosa se disolvió en 390 ml de agua. El pH de la glucosa, se reguló a 6 con NaOH 0.5 M y se esterilizó por separado después de haber ajustado el pH. Las condiciones de esterilización fueron 116°C, 10 libras por 20 minutos.

La urea y el sulfato de amonio se disolvieron en 100 ml de agua cada uno y también se esterizaron por separado. La urea se esterilizó en las mismas condiciones que la glucosa. El sulfato de amonio se esterilizó a las mismas condiciones que las macrosales.

Al final se juntaron todos los componentes del medio, se mezclaron y se adicionaron 100 ml de este medio a cada matraz de 250 ml. Finalmente se inoculó con la concentración de esporas indicada en la sección "tamaño del inóculo".

### 2.1.3.2.2.- Tamaño del inóculo

El tamaño del inóculo fue de  $1 \times 10^7$  esporas por cada 100 ml de medio de cultivo. Las células se inocularon en un volumen de 10 ml. Una vez inoculados los matraces, se colocaron en la incubadora y mantuvieron durante 40 horas a  $30^\circ\text{C}$  y 250 r.p.m.

Se verificaron constantemente los matraces con objeto de vigilar que no hubiera ningún incremento en temperatura, agitación, o bien, contaminación del matraz. Una vez concluido el tiempo señalado los matraces se retiraron de la incubadora y se mantuvieron en refrigeración hasta su uso.

### 2.1.3.3.- Preparación de micelio y esporas de *Ceratocystis fimbriata*

El micelio y las esporas húmedas, preparadas como se describe arriba, se colectaron por centrifugación ( 10 minutos a 3000 r.p.m ) y se lavaron con acetona fría.

Posteriormente se secaron en el papel filtro a temperatura ambiente. Una vez secas se pulverizaron con ayuda de un mortero y pistilo y se mantuvieron en un desecador hasta su uso.

## 2.2- Parte biorgánica

### 2.2.1.- Síntesis del éster

#### 2.2.1.1.- Etapa 1

#### Reacciones nivel tubo de ensaye con esporas como biocatalizador

La síntesis de cada uno de los ésteres se efectuó tomando en cuenta las siguientes relaciones molares:

ácido	alcohol
1	1
2	1
1	2
0.25	1
1	0.25

Para un tubo de ensaye se considero la relación molar 1:1 partiendo de 50 mM de ácido y 50 mM de alcohol.

El calculo se realizo de la siguiente forma:

Éster: Acetato de metilo

Materias primas: Ácido acético, Alcohol metílico

Ácido acético: Peso molecular: 60.05 g/mol

Densidad (  $20^\circ\text{C}$  ): 1.492 g/cm<sup>3</sup>



Si 1 mol es 60.06 g, 50 mM son 3.0 g

De acuerdo a la densidad marcada, 3 g de ácido acético corresponden a 2 ml en volumen.

Alcohol metílico: Peso molecular: 32.04 g/mol

Densidad ( 20° C ): 0.791 g/cm<sup>3</sup>

Si 1 mol es 32.04 g, 50 mM son 1.60 g

De acuerdo a la densidad marcada, 1.60 g de alcohol metílico corresponden a 2 ml en volumen

Por lo tanto se tiene:

2 ml de ácido acético + 2 ml de alcohol metílico + medio orgánico + esporas

El calculo para los demás ésteres se realizo de forma idéntica.

Las mezclas de reacciones con dichas relaciones molares fueron sometidas a las siguientes temperaturas:

temperatura ( +/- 1°C )

25

35

45

55

65

Las reacciones de esterificación se evaluaron en dos medios orgánicos:

medio orgánico

heptano

hexano

La concentración de esporas fue constante:

25 mg para cada mezcla de reacción

Dicha concentración de esporas se suspendio en 1 ml del medio orgánico correspondiente.

Se partio de las siguientes materias primas:

Acido	Alcohol	Para obtener
Ácido acético	Alcohol metílico	Acetato de metilo
	Alcohol etílico	Acetato de etilo
	Alcohol n-propílico	Acetato de n-propilo
	Alcohol isopropílico	Acetato de isopropilo
	Alcohol n-butílico	Acetato de n-butilo
	Alcohol bencílico	Acetato de bencilo
Ácido propiónico	Alcohol metílico	Propionato de metilo
	Alcohol etílico	Propionato de etilo
	Alcohol n-propílico	Propionato de n-propilo
	Alcohol isopropílico	Propionato de isopropilo
	Alcohol n-butílico	Propionato de n-butilo
	Alcohol bencílico	Propionato de bencilo
Ácido butírico	Alcohol metílico	Butirato de metilo
	Alcohol etílico	Butirato de etilo
	Alcohol n-propílico	Butirato de n-propilo
	Alcohol isopropílico	Butirato de isopropilo
	Alcohol n-butílico	Butirato de n-butilo
	Alcohol bencílico	Butirato de bencilo

### 2.2.1.1.1.- Síntesis

Se colocó en un tubo de ensayo de 13x100 con tapa de baquelita la cantidad de ácido y alcohol correspondientes de acuerdo con la relación molar elegida. Se adicionaron las esporas en suspensión a dicha mezcla. El tubo se colocó en el termobañó y se sometió a una agitación de 200 r.p.m., calentando el tubo a la temperatura correspondiente.

Se tomaron muestras a los tiempos 0, 2, 4, 6 y 10 horas con una micropipeta. Las muestras fueron alícuotas de 75 microlitros. Cada muestra se colocó en un matraz Erlenmeyer de 125 ml que contenía 30 ml de agua libre de dióxido de carbono. Se adicionaron 2 gotas de fenolftaleína al matraz y se tituló con hidróxido de sodio 0.02 N.

Mediante esta titulación se siguió la cinética de reacción, valorando la concentración del ácido presente en la mezcla de reacción y estableciendo que conforme avanzaba el tiempo de reacción, dicha concentración iba disminuyendo, lo que se observó en los volúmenes de titulante empleados. Los resultados se reportaron en porcentaje de esterificación por valor ácido.

Todo este proceso experimental se realizó por duplicado.

Es importante mencionar que para todas las mezclas de reacción se empleó un blanco. Dicho blanco estaba compuesto por el ácido y el alcohol sin la presencia de esporas. Al blanco también se le tomaron muestras a los tiempos señalados.

Una vez terminado el tiempo de reacción, no se desecharon las mezclas de reacción. Las mezclas se separaron en grupos dependiendo del éster que se sintetizó y el medio orgánico.

Las mezclas de reacción una vez separadas se filtraron a vacío. El filtrado se guardó en recipientes adecuados para su tratamiento posterior ( se llevaron al centro de acopio de la facultad ), las esporas presentes en el papel filtro se lavaron con acetona, se secaron y fueron guardados en un desecador para su reuso posterior.

#### 2.2.1.1.1.1.- Preparación del hidróxido de sodio 0.02N

En un vaso de precipitado se disolvió 0.8 g de hidróxido de sodio en 75 ml de agua libre de dióxido de carbono. Una vez disuelto, se aforó a 1000 ml con agua libre de dióxido de carbono. Se molio finamente biftalato de potasio ( patrón primario ) y se secó a 120°C durante dos horas; se pesó 100 mg de este y fue transferido a un matraz Erlenmeyer, se disolvió en 30 ml de agua libre de dióxido de carbono, se agregaron dos gotas de solución indicadora de fenolftaleína y se tituló con la solución de hidróxido de sodio 0.02N. Este proceso se realizó por triplicado. Se obtuvo la concentración real de hidróxido de sodio tomando en cuenta la siguiente fórmula:<sup>83</sup>

$$N = \frac{\text{mg de patrón primario ( biftalato de potasio )}}{\text{peso miniequivalente del patrón primario} \times \text{ml de titulante empleado}} = \text{aprox. 0.02 N}$$

### 2.2.1.1.1.2.- Preparación del indicador fenoltaleína

Se disolvió 1 g de fenoltaleína en 100 ml de etanol.<sup>83</sup>

### 2.2.1.1.1.3.- Prueba del hidroxamato férrico

A las 10 horas de reacción se aplicó para una última muestra del éster la prueba del hidroxamato férrico, con el fin de tener dos soportes que ampararon que la reacción de esterificación se llevó a cabo. La reacción del hidroxamato férrico es una prueba cualitativa que funciona identificando al grupo éster y formando un complejo colorido de color rojizo.

Los ésteres de los ácidos carboxílicos se pueden convertir en sales de álcalis de los ácidos hidroxámicos por tratamiento por clorhidrato de hidroxilamina y un hidróxido alcalino:



El ácido hidroxámico liberado por acidificación se puede identificar por la reacción colorida con cloruro férrico.



Una gota de la mezcla de reacción se trató, en un vidrio de reloj, con una gota de solución alcohólica saturada de clorhidrato de hidroxilamina y una gota de solución alcohólica saturada de hidróxido de sodio. La mezcla se calentó en una microflama hasta que presentó un ligero burbujeo. Después de enfriar, la mezcla se acidificó con una gota de ácido clorhídrico 1N y se agregó una gota de solución de cloruro férrico al 3%. En todos los casos (incluso el blanco) se presentó un color violeta intenso.<sup>78,82</sup>

## 2.2.1.2.- Etapa 2

### Reacciones nivel matraz con micelio y esporas como biocatalizadores

Se seleccionaron aquellas condiciones de reacción (relación molar, temperatura, medio orgánico) en las cuales se obtuvo un mayor porcentaje de esterificación empleando esporas como catalizador (etapa 1). De acuerdo a la selección, se colocaron en un matraz bola de 100 ml la cantidad de ácido y alcohol correspondientes de acuerdo a la relación molar elegida. Como se trató de reacciones nivel matraz se partió considerando una relación molar 1:1 de 250 mM para cada reactante.

El cálculo se realizó de la siguiente forma:

Éster: Acetato de metilo

Materias primas: Ácido acético, Alcohol metílico

Ácido acético: Peso molecular: 60.05 g/mol

Densidad (20 °C): 1.492 g/cm<sup>3</sup>

Si 1 mol es 60.06 g, 250 mM son 15.0 g

De acuerdo a la densidad marcada, 15 g de ácido acético corresponden a 10 ml en volumen.

Alcohol metílico: Peso molecular: 32.04 g/mol  
Densidad ( 20° C ): 0.791 g/cm<sup>3</sup>

Si 1 mol es 32.04 g, 250 mM son 8.01 g

De acuerdo a la densidad marcada, 8.01 g de alcohol metílico corresponden a 10 ml en volumen

Por lo tanto se tiene:

10 ml de ácido acético + 10 ml de alcohol metílico + 5 ml de medio orgánico + esporas o micelio

El cálculo para los demás ésteres se realizó de forma idéntica.

Una vez colocadas las cantidades adecuadas del ácido y el alcohol en el matraz, se adicionaron 125 mg de esporas o micelio suspendidos en 5 ml del medio orgánico elegido ( en un matraz se colocaron esporas o micelio recientes y en otro la misma cantidad de esporas o micelio en reuso ). Se colocó una barra magnética en el medio de agitación y se agitó a 200 r.p.m durante 10 horas.

También a este nivel de reacción se empleó un blanco para cada éster. Así mismo, se tomaron alícuotas a los tiempos correspondientes siguiendo los pasos descritos en las reacciones a nivel tubo de ensayo.

Posteriormente se procedió a la purificación de cada uno de los ésteres tomando en cuenta sus propiedades físicas y químicas.

### **2.2.1.2.1.- Proceso de purificación**

Debido a que todos los compuestos sintetizados pertenecen a la misma familia ( ésteres ), sus propiedades físicas y químicas son muy similares, por lo que fue posible homogenizar y aplicar un sólo proceso de purificación útil para todos los compuestos. Este proceso se aplicó tanto a los ésteres obtenidos por esporas, como a los obtenidos por micelio, blanco y esporas y micelio en reuso.

#### **2.2.1.2.1.1.- Proceso de purificación para acetato de metilo y etilo**

Sólo estos dos ésteres presentan características más polares que los demás compuestos sintetizados, por lo que su proceso de purificación fue ligeramente variante en un inicio:

Una vez terminado el tiempo de reacción, se dejó enfriar la muestra durante 24 horas. Posteriormente se colocó la mezcla de reacción en un embudo de separación, se adicionaron 25 ml de solución de bicarbonato de sodio al 5%, se esperó a que cesara la efervescencia, se tapó y agitó el embudo tomando las precauciones correspondientes.

El proceso de agitación se detuvo hasta que ya no se liberaron más gases. Se eliminó la capa acuosa inferior y se determinó el pH. Si este era ácido se repetía el procedimiento adicionando otros 25 ml de la solución de bicarbonato de sodio al 5% hasta que el pH fuera neutro, posteriormente se procedía a desechar los extractos básicos y a extraer la capa orgánica con 25 ml más de agua.

La capa acuosa era separada y desechada. Una vez eliminada el agua, se colocó el éster en un matraz, se adicionó sulfato de magnesio anhidro para secar el éster, se dejó reposar hasta que el líquido no presentara turbidez. Posteriormente el éster crudo se filtró y se destiló.

### **2.2.1.2.1.2.- Proceso de purificación para los ésteres restantes**

Una vez terminado el tiempo de reacción, se dejó enfriar la muestra durante 24 horas. Posteriormente se colocó la mezcla de reacción en un embudo de separación y se adicionaron 25 ml de agua. El embudo se tapó y agitó tomando las precauciones correspondientes. Se separó la capa acuosa inferior de la capa orgánica superior. A partir de este punto para la capa orgánica en el embudo se siguió el mismo procedimiento para acetato de etilo y metilo ( desde ... se adicionaron 25 ml de solución de bicarbonato... ).

Una vez separado y destilado el éster se caracterizó mediante la determinación del punto de ebullición, espectrometría de masas y espectroscopía de infrarrojo, tiempo de retención y propiedades organolépticas. Paralelamente se obtuvo el rendimiento práctico de la reacción así como se determinó si el micelio y esporas habían disminuido en su actividad comparando los resultados obtenidos con material biológico reciente y en reuso.

### **2.2.1.2.2.- Caracterización**

#### **2.2.1.2.2.1.- Punto de ebullición**

Se determinó simplemente registrando la temperatura o el rango de temperatura a la cual el éster destiló durante su proceso de purificación. En el caso de los ésteres con un punto de ebullición menor a 150°C se realizó una destilación fraccionada. Para los ésteres con puntos de ebullición mayores, se realizó una destilación a vacío. Todos los valores reportados se ajustaron a la presión de 760mmHg.

#### **2.2.1.2.2.2.- Espectrometría de masas**

Se obtuvo el espectro de la muestra y se comparó con el espectro más parecido presente en la biblioteca del equipo. Además se interpretaron cada uno de los picos para obtener la estructura correspondiente.

#### **2.2.1.2.2.3.- Espectroscopía de infrarrojo**

Se obtuvo el espectro de la muestra y se interpretaron las bandas más importantes y características de la familia de los ésteres.

#### **2.2.1.2.2.4.- Tiempo de retención**

Previo a la obtención del espectro de masas en el equipo, fue necesario correr un cromatograma ( bajo las condiciones del Cromatógrafo de gases/ masas marcadas en metodología ) lo cual proporcionó un valor correspondiente al tiempo de retención dependiendo de las características de la muestra analizada.

#### **2.2.1.2.2.5.- Propiedades organolépticas**

Se determinaron mediante el sentido de la vista ( estado físico y color ) y mediante el sentido del olfato ( aroma ) con un panel de tres personas no entrenadas.

# SECCION VI

---

---

## Resultados

---

---

“Muchos dicen que tener talento es cuestión de suerte; muy pocos piensan que tener suerte es cuestión de dedicación”

Anónimo

## VI.- Resultados

Debido a la gran cantidad de resultados ( considerando las variables empleadas ), sólo se presentan los más representativos. Para más detalle, referirse a los anexos a y b.

En esta sección y en el anexo a cada valor representa el promedio del porcentaje obtenido en cada condición ( realizado por duplicado ). Para ver cada valor por separado referirse al anexo b.

### 1.-Etapa 1.- Reacciones nivel tubo de ensaye empleando esporas como biocatalizador

#### 1.1.-Efecto tiempo de reacción-relación molar

Se obtuvo la cinética de cada una de las mezclas de reacción. A todos los resultados aquí presentados se les ha restado el rendimiento obtenido en un blanco, por lo que se presenta el efecto neto del biocatalizador. Para todas las mezclas de reacción, la prueba del hidroxamato férrico fue positiva. Los mayores porcentajes están representados en color rojo.

Para indicar el manejo de resultados, se muestran los datos obtenidos para los ésteres de metilo ( para detalles de los demás ésteres, referirse al anexo a, parte 1 ). Los resultados se presentan a la máxima temperatura probada (  $65 \pm 1^\circ\text{C}$  ) por ser los más representativos. Como se observa, a mayor tiempo de reacción, mayor rendimiento. Simultáneamente, se compara el efecto del sistema orgánico ( gráficas y tablas 1-6 ).

Tabla 1.-Acetato de metilo en hexano a  $65^\circ\text{C}$

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	23.105	32.501	
1 a 2	0.000	0.000	35.638	36.603	
2 a 1	0.000	5.442	10.884	19.048	
1 a 0.25	0.000	0.000	14.596	19.824	
0.25 a 1	0.000	0.000	14.216	29.345	

Gráfica 1.-Acetato de metilo en hexano a  $65^\circ\text{C}$

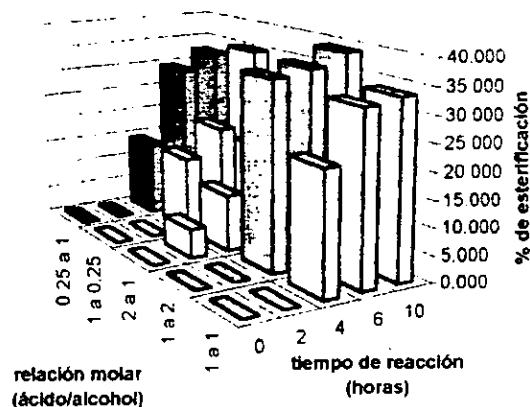


Tabla 2 -Acetato de metilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	10.112	19.101	32.584	34.831
1 a 2	0.000	8.547	31.495	36.343	36.400
2 a 1	0.000	3.675	8.826	19.816	20.653
1 a 0.25	0.000	0.000	11.248	30.706	34.113
0.25 a 1	0.000	3.025	23.613	32.521	35.630

Gráfica 2.-Acetato de metilo en heptano a 65°C

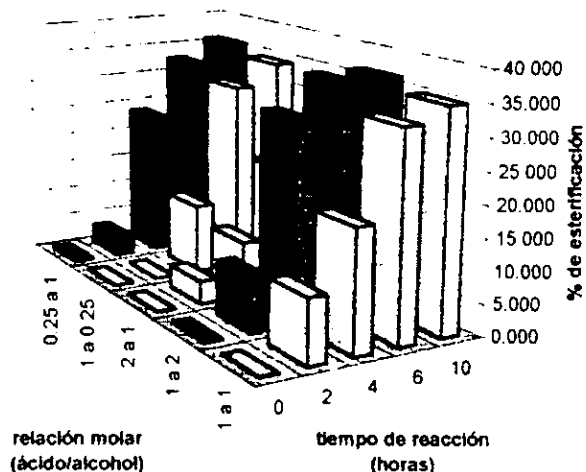


Tabla 3 -Propionato de metilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	8.177	11.590	31.416	38.301
1 a 2	0.000	0.000	22.857	31.429	38.571
2 a 1	0.000	3.521	18.310	24.648	27.746
1 a 0.25	0.000	13.879	29.079	30.337	30.337
0.25 a 1	0.000	4.076	28.986	39.312	39.312

Gráfica 3.-Propionato de metilo en hexano a 65°C

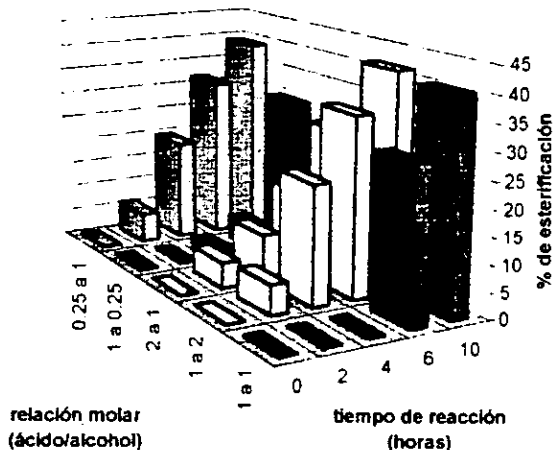


Tabla 4 -Propionato de metilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	29.178	40.108
1 a 2	0.000	5.714	22.857	34.286	41.429
2 a 1	0.000	4.842	8.998	15.923	27.034
1 a 0.25	0.000	0.000	1.075	4.796	29.431
0.25 a 1	0.000	5.826	19.652	31.478	38.957

Gráfica 4.-Propionato de metilo en heptano a 65°C

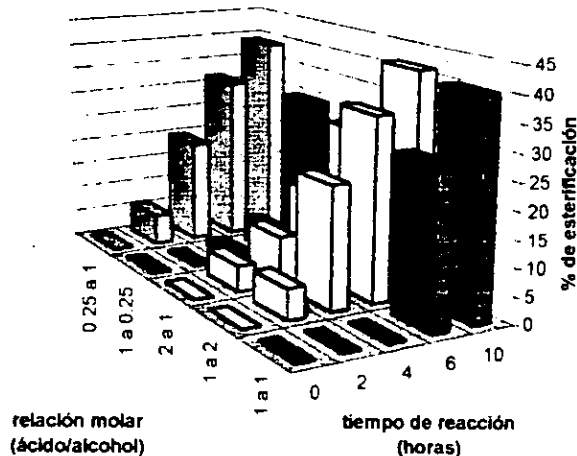




Tabla 5 -Butirato de metilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.128	17.021	19.149	42.553
1 a 2	0.000	0.000	9.536	37.469	42.798
2 a 1	0.000	0.000	12.605	19.898	26.538
1 a 0.25	0.000	0.000	4.544	31.536	45.056
0.25 a 1	0.000	0.000	13.462	36.538	48.077

Gráfica 5.-Butirato de metilo en hexano a 65°C

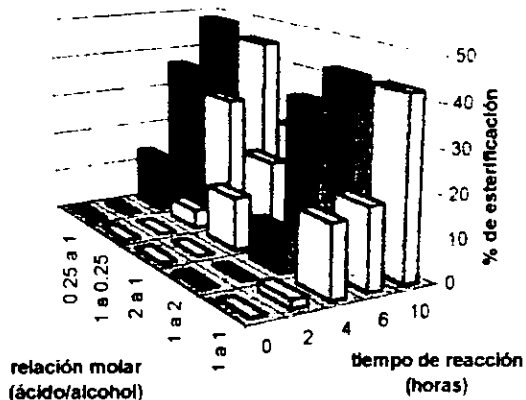
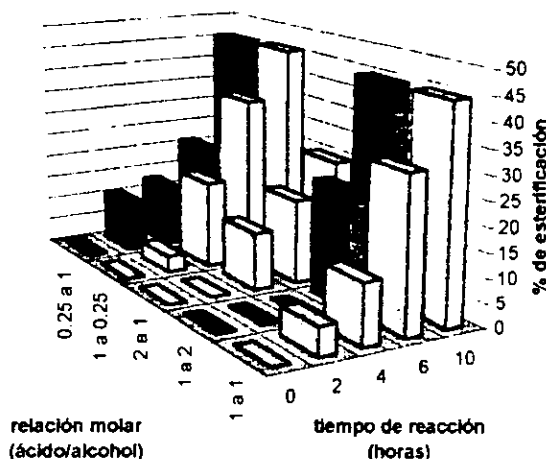


Tabla 6 -Butirato de metilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	5.857	12.718	31.999	44.418
1 a 2	0.000	0.000	0.000	23.829	44.458
2 a 1	0.000	0.000	11.980	17.617	24.708
1 a 0.25	0.000	3.409	18.283	35.379	45.682
0.25 a 1	0.000	10.440	12.598	20.879	45.487

Gráfica 6.-Butirato de metilo en heptano a 65°C



## 1.2.-Efecto temperatura-relación molar

Se obtuvo la cinética de cada una de las mezclas de reacción. A todos los resultados aquí presentados se les ha restado el rendimiento obtenido en un blanco, por lo que se presenta el efecto neto del biocatalizador. Los mayores porcentajes están representados en color rojo.

Para indicar el manejo de resultados, se muestran los datos obtenidos para los ésteres de etilo ( para detalles de los demás ésteres, referirse al anexo a, parte 2 ). Los resultados se presentan al máximo tiempo de reacción ( 10 horas ) por ser los más representativos. Como se observa, a mayor temperatura, mayor rendimiento. Simultáneamente, se compara el efecto del sistema orgánico ( gráficas y tablas 7-12 ).

Tabla 7 -Acetato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.691	7.813	11.935	20.809	
1 a 2	3.075	7.417	6.370	22.991	
2 a 1	0.825	7.570	7.417	11.667	
1 a 0.25	1.851	7.959	16.222	23.420	
0.25 a 1	3.125	3.594	10.952	19.118	

Gráfica 7.-Acetato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

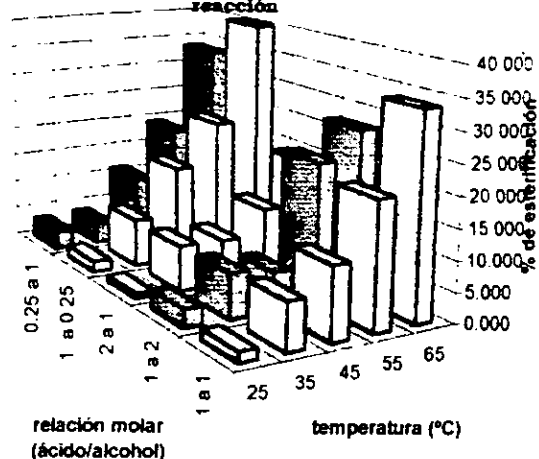


Tabla 8.-Acetato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	3.413	8.274	13.602	19.395	
1 a 2	1.514	5.619	7.757	8.498	
2 a 1	0.840	4.316	6.221	12.500	
1 a 0.25	1.998	9.959	18.000	21.569	
0.25 a 1	3.030	3.025	8.750	19.832	

Gráfica 8.-Acetato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción

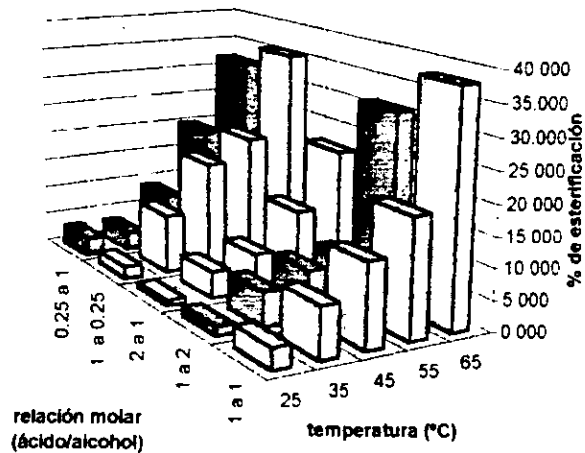
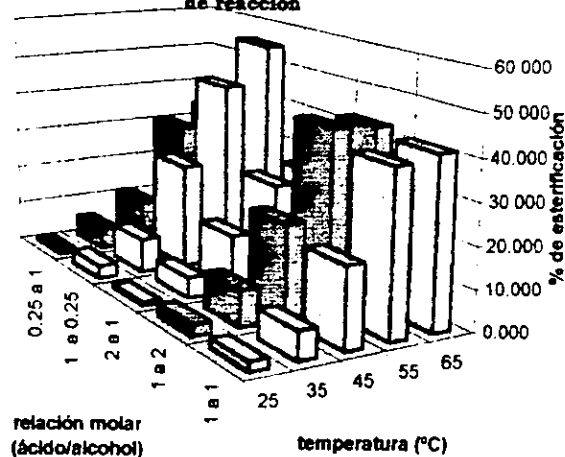


Tabla 9 -Propionato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

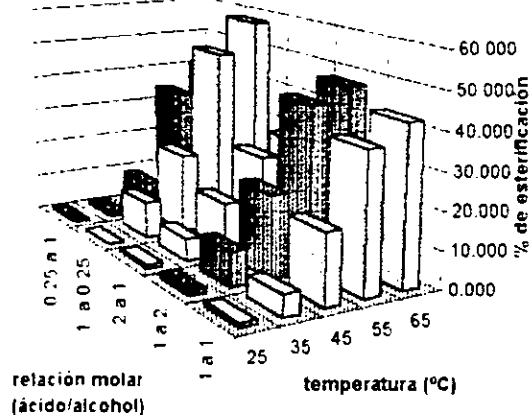
r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.221	6.869	19.394	39.693	
1 a 2	2.667	8.881	22.403	41.506	42.593
2 a 1	0.688	5.000	13.556	24.800	27.111
1 a 0.25	3.125	8.223	25.893	45.433	51.121
0.25 a 1	0.502	5.091	10.897	30.308	33.681

Gráfica 9.-Propionato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción



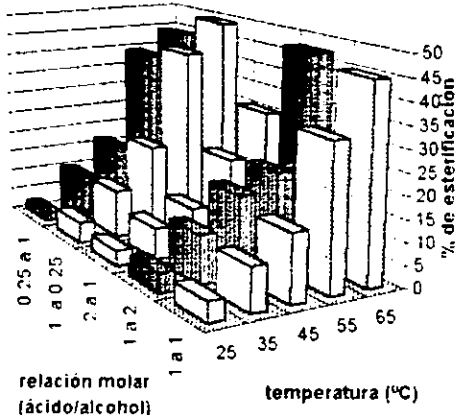
r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.123	5.732	18.099	37.138	42.222
1 a 2	1.333	9.211	22.078	43.506	47.138
2 a 1	0.719	5.871	13.784	24.860	27.578
1 a 0.25	0.000	9.677	21.614	49.451	57.431
1 a 0.5	0.321	1.000	8.333	33.833	40.308

Gráfica 10.-Butirato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción



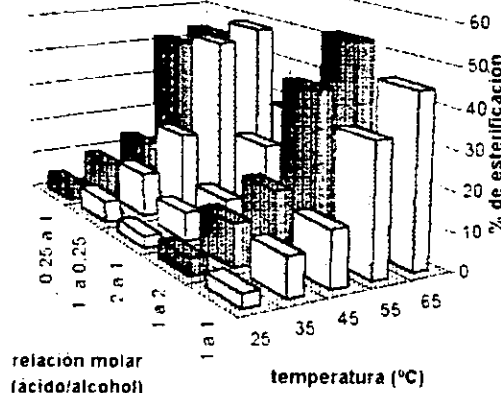
r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	4.579	9.949	15.455	33.276	44.760
1 a 2	4.443	11.159	18.315	21.853	47.164
2 a 1	3.589	7.236	10.223	20.482	30.340
1 a 0.25	4.733	10.915	20.375	42.379	49.190
1 a 0.5	2.045	9.936	16.382	39.141	43.886

Gráfica 11.-Butirato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción



r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	3.661	10.166	14.545	34.003	44.291
1 a 2	4.545	11.159	17.579	41.171	52.155
2 a 1	3.034	7.236	8.946	21.851	29.127
1 a 0.25	5.747	11.647	21.218	45.322	48.129
1 a 0.5	4.477	8.800	13.333	41.392	43.434

Gráfica 12.-Butirato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción



### 1.3.-Efecto de la longitud de la cadena de alcohol-relación molar

Se obtuvo la cinética de cada una de las mezclas de reacción. A todos los resultados aquí presentados se les ha restado el rendimiento obtenido en un blanco, por lo que se presenta el efecto neto del biocatalizador. Los mayores porcentajes están representados en color rojo.

Los resultados se presentan al máximo tiempo de reacción ( 10 horas ) y a la temperatura de 65 (+/- 1°C) por ser los más representativos. Simultáneamente, se compara el efecto del sistema orgánico ( gráficas y tablas 13-18 ).

Tabla 13 - Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción

relación molar	acetato de					
	metilo	etilo	n-propano	isopropilo	n-butilo	benzilo
1 a 1	33.445	33.548		30.484	23.628	32.331
1 a 2	38.956	27.412		39.734	39.255	33.860
2 a 1	19.728	18.967		14.992	12.333	16.048
1 a 0.25	34.938	40.000	41.429	30.225		34.828
0.25 a 1	32.474	33.333		26.016	30.037	32.857

condiciones: sistema orgánico hexano, 65°C\*

Gráfica 13.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

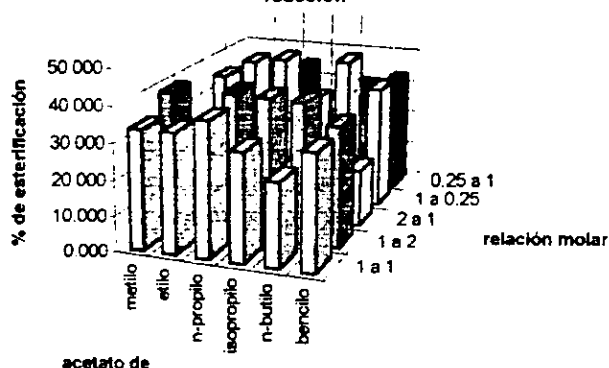


Tabla 14 - Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción

relación molar	acetato de					
	metilo	etilo	n-propano	isopropilo	n-butilo	benzilo
1 a 1	34.831		35.897	28.106	25.638	30.014
1 a 2	36.400	31.183		35.849	38.378	33.860
2 a 1	20.653		19.543	13.057	12.138	10.274
1 a 0.25	34.113	35.421		38.279	41.536	31.056
0.25 a 1		31.818	33.601	25.241	25.017	27.500

condiciones: sistema orgánico heptano, 65°C\*

Gráfica 14.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

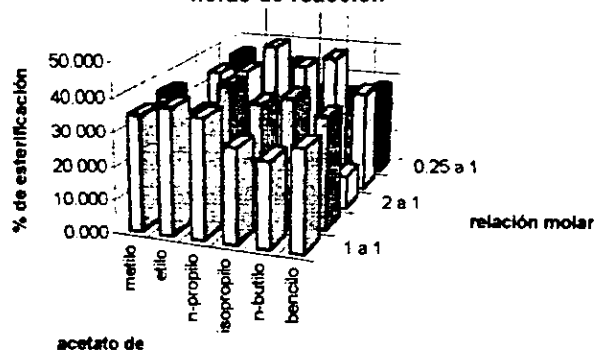


Tabla 15.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción en el sistema orgánico hexano.

r.molar	propionato de					
1:1						
1:2	38.301	41.111	39.946	33.273	38.730	37.802
1:3	38.571	42.593	44.378	28.376	37.247	42.483
1:4	27.746	26.159	25.034	21.348	31.471	16.561
1:5	30.337	55.133	44.742	31.469	31.667	24.970
1:6	39.312	33.687	41.859	35.417	40.323	41.667

condiciones sistema orgánico hexano, 65°C

Gráfica 15.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

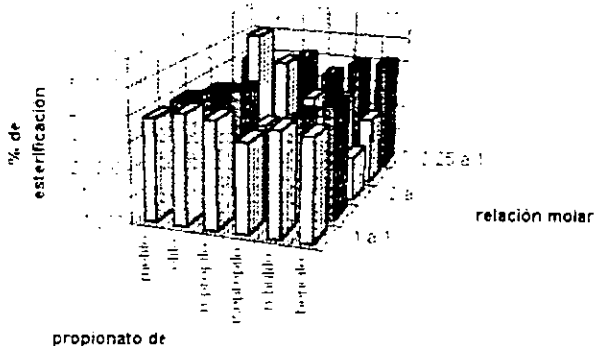


Tabla 16.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción en el sistema orgánico heptano.

r.molar	propionato de					
1:1						
1:2	40.108	42.222	39.946	36.980	41.920	37.802
1:3	41.429	47.138	47.138	27.711	40.944	41.578
1:4	27.034	27.578	23.754	20.342	33.713	16.561
1:5	29.431	57.431	43.644	36.284	41.398	35.174
1:6	38.957	40.308	38.894	42.628	43.448	40.152

condiciones sistema orgánico heptano, 65°C

Gráfica 16.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

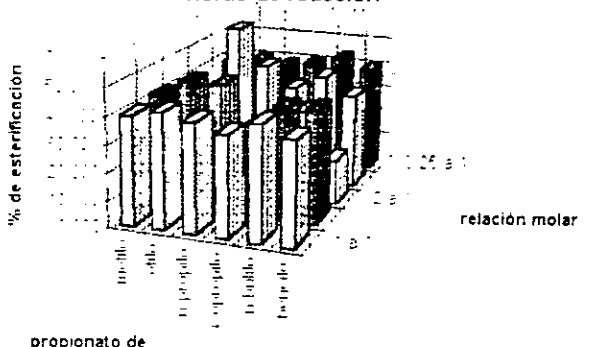


Tabla 17.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción en el sistema orgánico hexano.

r.molar	butirato de					
1:1						
1:2	42.553	44.783	47.541	54.237	43.468	44.532
1:3	42.798	47.264	46.795	46.196	46.779	47.389
1:4	26.538	30.340	27.325	30.351	38.318	39.355
1:5	45.056	49.190	42.857	35.629	40.635	50.053
1:6	48.077	43.889	50.215	41.667	42.619	41.613

condiciones sistema orgánico hexano, 65°C

Gráfica 17.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

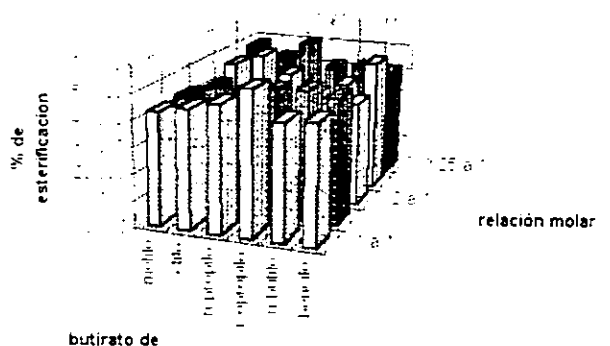
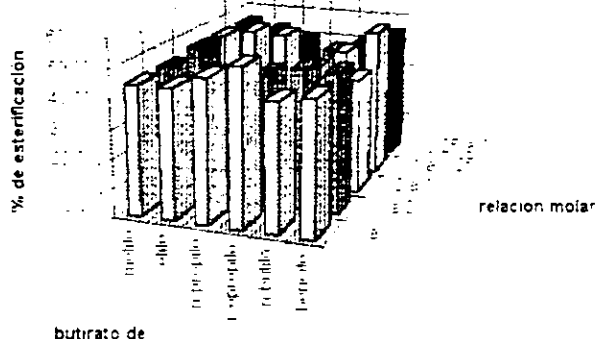


Tabla 17.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción a 65 +/- 1°C						
r. molar	butirato de					
	metil-	etil-	propil-	isopropil-	butil-	pentil-
1:1	44.418	44.291	48.785	55.325	45.468	45.378
1:2	44.458	52.155	45.908	45.296	47.822	47.713
1:3	24.708	29.127	27.325	29.554	37.043	39.527
1:4	45.682	48.129	47.619	35.629	43.039	51.059
1:5	45.487	43.434	39.977	37.381	40.899	44.640

condiciones sistema orgánico heptano 65°C

Gráfica 18.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*



### 1.4.-Efecto de la longitud de la cadena de ácido-relación molar

Se obtuvo la cinética de cada una de las mezclas de reacción. A todos los resultados aquí presentados se les ha restado el rendimiento obtenido en un blanco, por lo que se presenta el efecto neto del biocatalizador. Los mayores porcentajes están representados en color rojo.

Los resultados se presentan al máximo tiempo de reacción ( 10 horas ) y a la temperatura de 65 +/- 1°C por ser los más representativos. Simultáneamente, se compara el efecto del sistema orgánico ( gráficas y tablas 19-24 ).

Tabla 18.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción a 65 +/- 1°C						
r. molar	metil-					
	butil-	propil-	etil-	metil-	butil-	propil-
1:1	33.445	34.831	38.301	40.105	42.553	44.418
1:2	38.956	36.400	38.571	41.429	42.798	44.458
1:3	19.728	20.653	27.746	27.054	26.538	24.708
1:4	34.938	34.113	30.337	29.431	45.056	45.682
1:5	32.474	35.630	39.312	38.957	49.077	45.487

condiciones 65°C

Gráfica 19.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

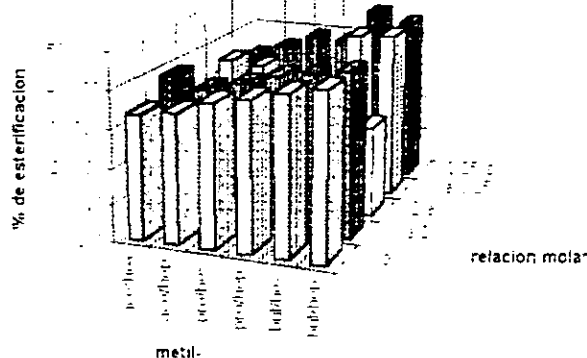


Tabla 20.- Efecto de la longitud de la cadena de ácidos en el % de esterificación a las 10 horas de reacción

r.molar	etil-					
	acetato	propano	butano	pentano	hexano	heptano
1:1						
1:2	33.548	37.862	41.111	42.222	44.783	44.291
1:3	27.412	31.183	42.593	47.138	47.264	52.155
1:4	18.967	21.667	26.159	27.578	30.340	29.127
1:5	40.000	35.421	55.133	57.431	49.190	48.129
1:6	33.333	31.818	33.687	40.308	43.889	43.434

condiciones 65°C

Gráfica 20.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

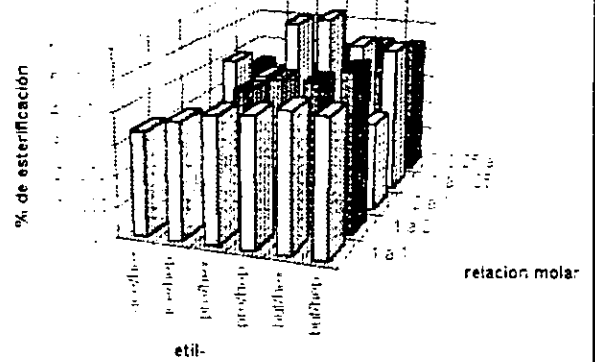


Tabla 21.- Efecto de la longitud de la cadena de ácidos en el % de esterificación a las 10 horas de reacción

r.molar	n-propil-					
	acetato	propano	butano	pentano	hexano	heptano
1:1						
1:2	37.729	35.897	39.946	39.946	47.541	48.785
1:3	40.278	40.238	44.378	47.138	46.795	45.908
1:4	19.894	19.543	25.034	23.754	27.326	27.326
1:5	41.429	43.603	44.742	43.644	42.857	47.619
1:6	34.926	33.601	41.838	38.894	50.215	39.977

condiciones 65°C

Gráfica 21.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

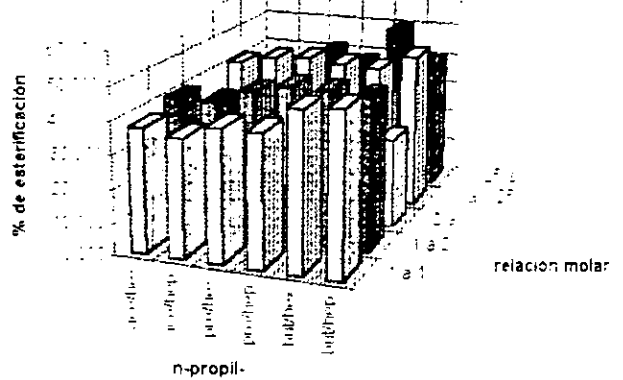


Tabla 22.- Efecto de la longitud de la cadena de ácidos en el % de esterificación a las 10 horas de reacción

r.molar	isopropil-					
	acetato	propano	butano	pentano	hexano	heptano
1:1						
1:2	30.484	34.831	33.273	36.980	54.237	53.305
1:3	39.734	36.400	28.376	27.711	48.196	45.298
1:4	14.992	20.653	21.348	20.342	30.351	29.554
1:5	30.225	34.113	31.469	36.284	35.629	35.629
1:6	26.016	35.630	35.417	40.625	41.667	37.381

condiciones: 65°C

Gráfica 22.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

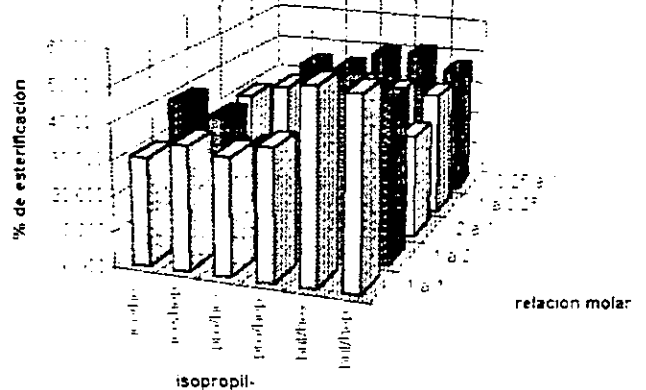


Tabla 20.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación en la 10 horas de reacción

r.molar	n-butil-					
	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
1:1	23.628	25.638	38.730	41.920	43.468	43.469
1:2	39.255	38.378	37.247	40.944	48.779	47.822
1:3	12.333	12.138	31.471	33.713	38.318	37.043
1:4	42.030	41.536	31.667	41.398	40.635	43.039
1:5	30.037	25.017	40.323	43.448	42.619	40.899

condiciones: 65 °C

Gráfica 23.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*

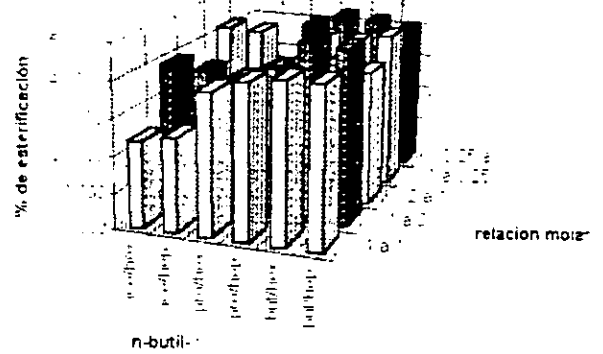
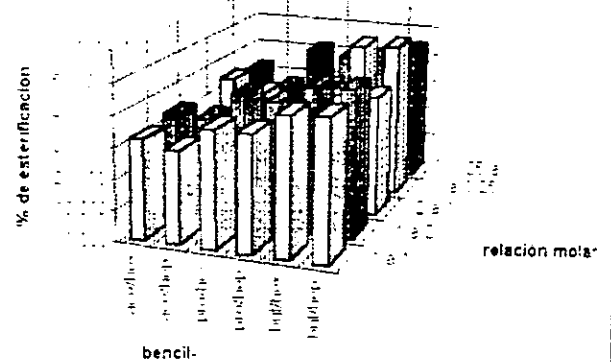


Tabla 21.- Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en el % de esterificación en la 10 horas de reacción

r.molar	bencil-					
	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
1:1	32.331	30.014	37.802	37.802	44.532	45.376
1:2	33.860	33.860	42.483	41.578	47.389	47.713
1:3	16.048	10.274	16.561	16.561	39.355	39.527
1:4	34.828	31.056	24.970	35.174	50.083	51.056
1:5	32.857	27.500	41.667	40.152	41.613	44.640

condiciones: 65 °C

Gráfica 24.- Efecto de la longitud de la cadena de ácido en el % de esterificación a las 10 horas de reacción\*



En base a todos los resultados obtenidos, se aplicó un análisis estadístico que permitió determinar si existían diferencias significativas en los porcentajes de esterificación de acuerdo a las diferentes variables ( relaciones molares, sistemas orgánicos, tipo de alcohol y ácido empleado ). Como se observa en el anexo a ( parte 2 ) es clara la ventaja que se presenta a la temperatura de 65 +/- 1°C, por lo que el análisis estadístico partió tratando sólo los datos obtenidos a esta temperatura. De forma esquemática, se presentan los siguientes resultados ( para mayores detalles, referirse al anexo b ) :



## 1.5.-Relación estadística sistema orgánico-relación molar

Producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por esporas de *Ceratocystis fimbriata*

Reacciones nivel tubo de ensaye

Efecto del sistema orgánico

Efecto de las distintas relaciones molares

Efecto de la interacción sistema orgánico-relación molar

Tabla 25.- Efecto del sistema orgánico y las distintas relaciones molares en el porcentaje de esterificación

Éster	Existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos?	Existe diferencia significativa entre las medias de las distintas relaciones molares?	Existe efecto de interacción sistema orgánico-relación molar?
Acetato de metilo	No	Si	Si
Acetato de etilo	Si	Si	Si
Acetato de n-propilo	No	Si	Si
Acetato de isopropilo	No	Si	Si
Acetato de n-butilo	Si	Si	Si
Acetato de bencilo	Si	Si	Si
Propionato de metilo	Si	Si	Si
Propionato de etilo	Si	Si	Si
Propionato de n-propilo	Si	Si	Si
Propionato de isopropilo	Si	Si	Si
Propionato de n-butilo	Si	Si	Si
Propionato de bencilo	Si	Si	Si
Butirato de metilo	No	Si	No
Butirato de etilo	No	Si	No
Butirato de n-propilo	Si	Si	Si
Butirato de isopropilo	Si	Si	Si
Butirato de n-butilo	No	Si	Si
Butirato de bencilo	Si	Si	Si

## 1.6.-Relación estadística sistema orgánico-longitud de cadena de alcohol

Efecto del sistema orgánico

Efecto de longitud de la cadena de alcohol

Efecto de la interacción sistema orgánico-longitud de la cadena de alcohol

Tabla 26.- Efecto del sistema orgánico y de la longitud de la cadena de alcohol en el porcentaje de esterificación

Esíer	¿existe una diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos?	¿existe una diferencia significativa entre las medias de las distintas longitudes de cadena de alcohol?	¿existe un efecto de interacción sistema orgánico-longitud de cadena de alcohol?
<i>Familia de los acetatos:</i>			
Relación molar 1 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 2	Si	Si	Si
Relación molar 2 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 0.25	No	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si
<i>Familia de los propionatos:</i>			
Relación molar 1 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 2	Si	Si	Si
Relación molar 2 a 1	No	Si	Si
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si
<i>Familia de los butiratos:</i>			
Relación molar 1 a 1	No	Si	Si
Relación molar 1 a 2	No	Si	Si
Relación molar 2 a 1	Si	Si	No
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si

## 1.7.-Relación estadística sistema orgánico-longitud de la cadena de ácido

Efecto del sistema orgánico

Efecto de la longitud de la cadena de ácido

Efecto de la interacción sistema orgánico-longitud de la cadena de ácido

Tabla 27.- Efecto del sistema orgánico y de la longitud de la cadena de ácido en el porcentaje de esterificación.

Éster	¿existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos?	¿existe diferencia significativa entre las medias de los longitudes de cadena de ácido?	¿existe efecto de interacción sistema-orgánico-longitud de cadena de ácido?
<b>Ésteres de metilo:</b>			
Relación molar 1 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 2	No	Si	No
Relación molar 2 a 1	No	Si	No
Relación molar 1 a 0.25	No	Si	No
Relación molar 0.25 a 1	No	Si	Si
<b>Ésteres de etilo:</b>			
Relación molar 1 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 2	Si	Si	No
Relación molar 2 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si
<b>Ésteres de n-propilo:</b>			
Relación molar 1 a 1	No	Si	Si
Relación molar 1 a 2	No	Si	Si
Relación molar 2 a 1	Si	Si	No
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si
<b>Ésteres de isopropilo:</b>			
Relación molar 1 a 1	No	Si	Si
Relación molar 1 a 2	Si	Si	Si
Relación molar 2 a 1	Si	Si	No
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	No	Si	Si
<b>Ésteres de n-butilo:</b>			
Relación molar 1 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 2	No	Si	Si
Relación molar 2 a 1	No	Si	Si
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si
<b>Ésteres de bencilo:</b>			
Relación molar 1 a 1	No	Si	Si
Relación molar 1 a 2	No	Si	No
Relación molar 2 a 1	Si	Si	Si
Relación molar 1 a 0.25	Si	Si	Si
Relación molar 0.25 a 1	Si	Si	Si

Considerando los datos del anexo a y b, se eligieron aquellas condiciones bajo las cuales se obtuvo mayor porcentaje de esterificación en reacciones catalizadas por esporas para llevarlas a la etapa siguiente.

## 2.-Etapa 2.- Reacciones nivel matraz empleando esporas y micelio como biocatalizadores

### **2.1.-Reacciones de esterificación empleando esporas como biocatalizador**

Con objeto de tener resultados más sólidos, se llevaron a cabo reacciones nuevamente con esporas a nivel matraz. De esta manera fue posible realizar una comparación con los resultados obtenidos con micelio y los biocatalizadores en reuso bajo las mismas condiciones de reacción, incluyendo dimensiones molares.

Al igual que las reacciones a nivel tubo de ensaye, a los resultados aquí presentados se les ha restado el porcentaje de esterificación obtenido en un blanco, por lo que se expresa el efecto puro del biocatalizador.

Se presentan los datos en las condiciones que de acuerdo al anexo a y b son las más óptimas para el catalizador. Se anexan como datos importantes el orden y la velocidad de reacción, así como el coeficiente de correlación que avala el orden presentado ( gráficas 28-31 y tabla 28 ).

### **2.2.-Reacciones de esterificación empleando micelio como biocatalizador**

Gracias a estos datos fue posible realizar una comparación con los resultados obtenidos con esporas y los biocatalizadores en reuso bajo las mismas condiciones de reacción, incluyendo dimensiones molares.

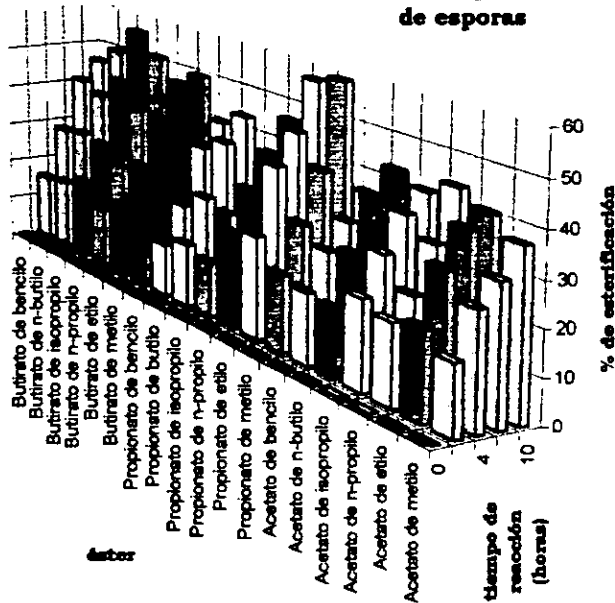
Al igual que las reacciones a nivel tubo de ensaye, a los resultados aquí presentados se les ha restado el porcentaje de esterificación obtenido en un blanco, por lo que se expresa el efecto puro del biocatalizador.

Se presentan los datos en las condiciones que de acuerdo al anexo a y b son las más óptimas. Debido a que a nivel tubo de ensaye no se empleo micelio, las condiciones obtenidas para las esporas se extrapolaron hacia este biocatalizador. Se anexan como datos importantes el orden y la velocidad de reacción, así como el coeficiente de correlación que avala el orden presentado ( gráficas 32-35 y tabla 29 ).

Tabla 28.- Porcentaje de esterificación para productos obtenidos por catálisis de esporas de *Ceratocystis fimbriata*

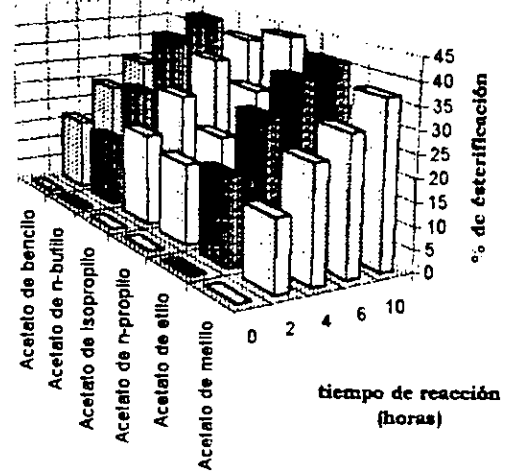
ÉSTER	relacion molar	T PC	Sistema orgánico	tiempo (horas)/% de esterificación					orden de reacción CERC	
				0	2	4	6	10	K (cl-1)	r
Acetato de metilo	1:1	35	hexano	0	15.924	25.692	30.610	36.820	3.491108	-0.933415
Acetato de etilo	1:1	35	hexano	0	19.624	31.020	38.129	40.613	3.886041	-0.898108
Acetato de n-propilo	1:1	35	hexano	0	18.111	23.001	32.606	43.503	4.135128	-0.969635
Acetato de isopropilo	1:1	35	hexano	0	20.628	28.886	36.604	40.722	3.809932	-0.908832
Acetato de n-butilo	1:1	35	hexano	0	15.728	26.313	38.114	43.040	4.286047	-0.948248
Acetato de bencilo	1:1	35	hexano	0	16.414	24.460	30.123	35.928	3.372568	-0.931255
Propionato de metilo	1:1	35	hexano	0	17.628	28.024	39.414	58.746	5.718297	-0.992721
Propionato de etilo	1:1	35	hexano	0	23.680	38.830	46.012	57.022	5.415176	-0.942044
Propionato de n-propilo	1:1	35	hexano	0	22.154	30.808	39.024	46.132	4.312243	-0.928963
Propionato de isopropilo	1:1	35	hexano	0	12.622	23.492	28.621	33.273	3.250554	-0.934462
Propionato de butilo	1:1	35	hexano	0	14.419	25.128	37.728	43.450	4.375473	-0.957691
Propionato de bencilo	1:1	35	hexano	0	12.038	21.076	34.611	40.152	4.103162	-0.964356
Butirato de metilo	1:1	35	hexano	0	16.418	26.432	36.827	49.524	4.835838	-0.981028
Butirato de etilo	1:1	35	hexano	0	17.244	25.813	37.662	46.266	4.520912	-0.965644
Butirato de n-propilo	1:1	35	hexano	0	13.849	26.421	38.124	51.215	5.135074	-0.985726
Butirato de isopropilo	1:1	35	hexano	0	18.641	28.000	43.752	56.236	5.557203	-0.978825
Butirato de n-butilo	1:1	35	hexano	0	16.666	29.023	38.676	49.602	4.865628	-0.970881
Butirato de bencilo	1:1	35	hexano	0	15.649	28.148	40.760	45.640	4.594311	-0.947687

Gráfica 28.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos por catálisis de esporas

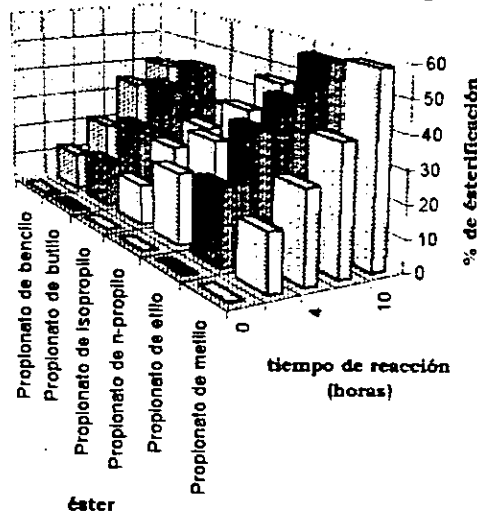


**DE MANERA  
DESGLOSADA  
SE TIENE:**

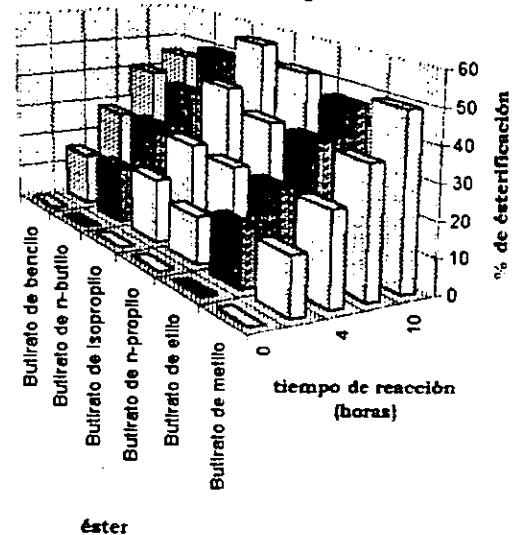
**Gráfica 29.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos por catálisis de esporas**



**Gráfica 30.- Porcentaje de esterificación para propionatos producidos por catálisis de esporas**

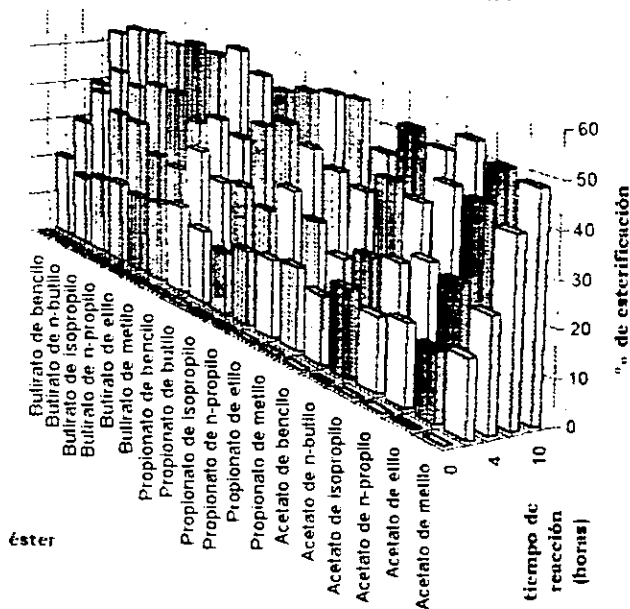


**Gráfica 31.- Porcentaje de esterificación para butiratos producidos por catálisis de esporas**



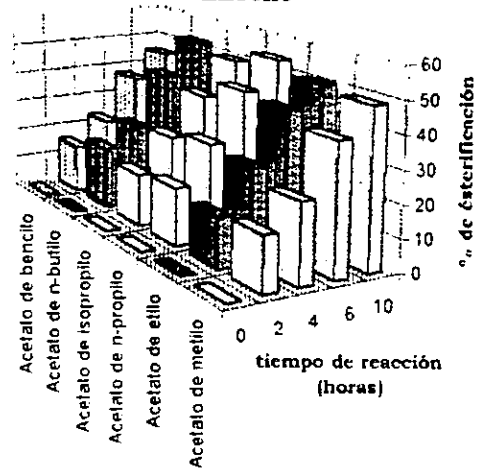
Éster	Relación	Catalizador	Solvente	Muestra (g)				Muestra (g)	Muestra (g)	Muestra (g)	Muestra (g)
				1	2	3	4				
Acetato de metilo	1 a 2	65	hexano	0	16.814	24.461	40.024	49.653	4.832385	-0.969654	
Acetato de etilo	1 a 0.25	65	hexano	0	15.246	28.106	43.708	51.755	5.103797	-0.959204	
Acetato de n-propilo	1 a 0.25	65	heptano	0	18.024	29.874	45.124	57.754	5.371851	-0.965037	
Acetato de isopropilo	1 a 2	65	hexano	0	16.480	27.124	39.228	49.532	4.913122	-0.974519	
Acetato de n-butilo	1 a 0.25	65	hexano	0	19.562	25.646	41.657	51.755	5.107014	-0.970980	
Acetato de bencilo	1 a 0.25	65	hexano	0	15.400	22.875	37.124	44.653	4.465899	-0.968914	
Propionato de metilo	2 a 1	65	hexano	0	19.076	28.478	39.384	44.755	5.278568	-0.982460	
Propionato de etilo	1 a 0.25	65	heptano	0	18.006	33.412	42.387	51.755	5.339216	-0.966824	
Propionato de n-propilo	1 a 2	65	heptano	0	17.411	26.458	46.122	57.754	5.385149	-0.962166	
Propionato de isopropilo	1 a 1	65	hexano	0	14.486	29.801	43.624	51.755	5.239412	-0.962310	
Propionato de butilo	0.25 a 1	65	heptano	0	17.421	28.738	38.656	51.755	5.200595	-0.982934	
Propionato de bencilo	1 a 0.25	65	heptano	0	20.862	34.248	41.265	51.755	5.511730	-0.972587	
Butirato de metilo	0.25 a 1	65	hexano	0	19.412	27.465	38.654	51.755	5.283277	-0.984387	
Butirato de etilo	1 a 2	65	hexano	0	18.816	28.465	44.145	51.755	5.551155	-0.977011	
Butirato de n-propilo	0.25 a 1	65	hexano	0	20.072	35.133	44.274	51.755	5.275061	-0.953248	
Butirato de isopropilo	1 a 1	65	hexano	0	19.024	35.660	42.182	51.755	5.448338	-0.964828	
Butirato de n-butilo	1 a 2	65	hexano	0	17.121	39.558	44.564	51.755	5.520108	-0.943981	
Butirato de bencilo	1 a 0.25	65	heptano	0	20.616	29.644	39.488	51.755	5.050541	-0.971574	

Gráfica 32.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos por catálisis de micelio

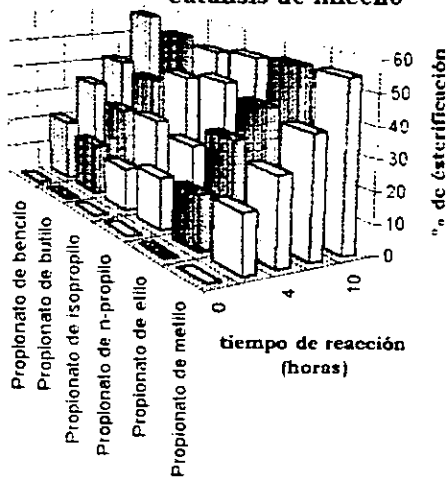


DE MANERA  
DESGLOSADA  
SE TIENE:

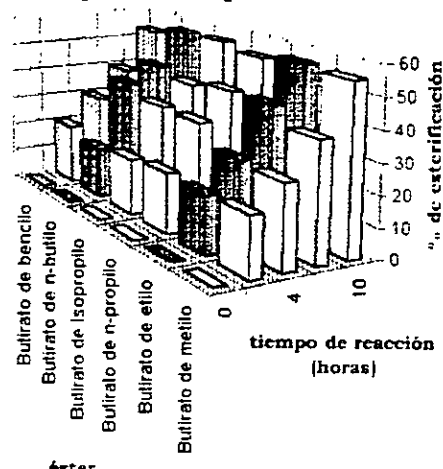
Gráfica 33.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos por catálisis de micelio



Gráfica 34.- Porcentaje de esterificación para propionatos producidos por catálisis de micelio



Gráfica 35.- Porcentaje de esterificación para butiratos producidos por catálisis de micelio





---

### **2.3.-Reacciones de esterificación empleando esporas en reuso como biocatalizador**

---

Gracias a estos datos fue posible realizar una comparación con los resultados obtenidos con esporas y micelio sin uso contra los biocatalizadores en reuso bajo las mismas condiciones de reacción, incluyendo dimensiones molares.

Al igual que las reacciones a nivel tubo de ensaye, a los resultados aquí presentados se les ha restado el porcentaje de esterificación obtenido en un blanco, por lo que se expresa el efecto puro del biocatalizador.

Se presentan los datos en las condiciones que de acuerdo al anexo a y b son las más óptimas. Se anexan como datos importantes el orden y la velocidad de reacción, así como el coeficiente de correlación que avala el orden presentado ( gráficas 36-39 y 44-46 y tablas 30 y 32 ).

---

### **2.4.-Reacciones de esterificación empleando micelio en reuso como biocatalizador**

---

Gracias a estos datos fue posible realizar una comparación con los resultados obtenidos con esporas y micelio sin uso contra los biocatalizadores en reuso bajo las mismas condiciones de reacción, incluyendo dimensiones molares.

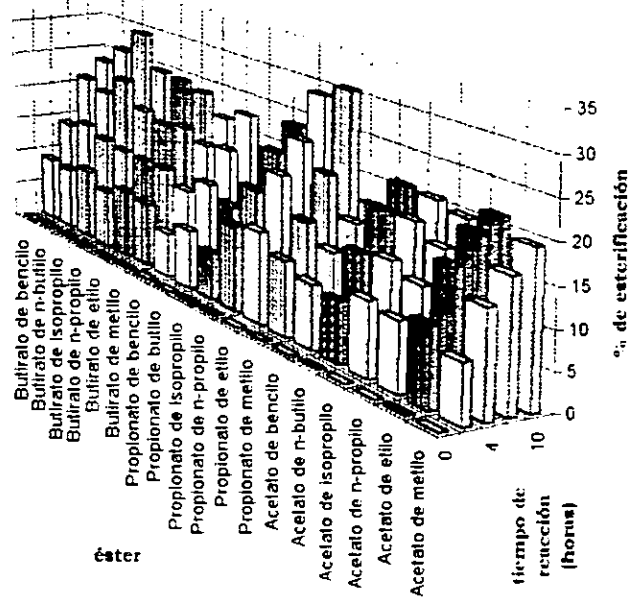
Al igual que las reacciones a nivel tubo de ensaye, a los resultados aquí presentados se les ha restado el porcentaje de esterificación obtenido en un blanco, por lo que se expresa el efecto puro del biocatalizador.

Se presentan los datos en las condiciones que de acuerdo al anexo a y b son las más óptimas. Debido a que a nivel tubo de ensaye no se empleo micelio, las condiciones obtenidas para las esporas se extrapolaron hacia este biocatalizador. Se anexan como datos importantes el orden y la velocidad de reacción, así como el coeficiente de correlación que avala el orden presentado ( gráficas 40-46 y tablas 31 y 32 ).

Tabla 33.- Rendimiento de esterificación catalizada por esporas de *Ceratocystis fimbriata* para los ésteres producidos con *Ceratocystis fimbriata*.

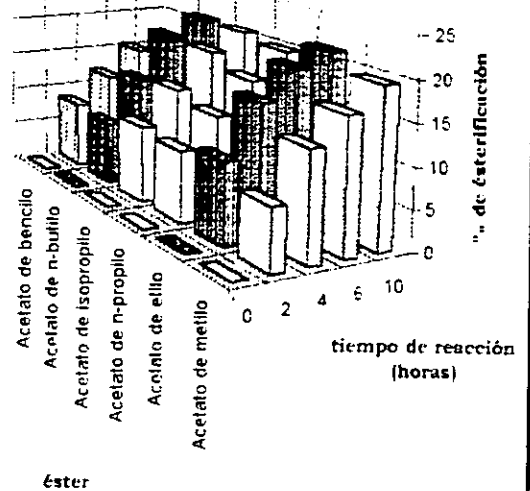
Éster	Relación molar	Temperatura (°C)	Solvente	Rendimiento de esterificación (%)					Rendimiento de esterificación (g)	
				0	4	8	12	16	Producción	Residuo
Acetato de metilo	1 a 2	65	hexano	0	7.645	13.498	16.608	19.874	1.890811	-0.937277
Acetato de etilo	1 a 0.25	65	hexano	0	10.144	16.403	19.908	23.898	2.040872	-0.898430
Acetato de n-propilo	1 a 0.25	65	heptano	0	9.000	12.696	15.638	19.112	1.873419	-0.939522
Acetato de isopropilo	1 a 2	65	hexano	0	9.698	14.045	18.469	23.848	1.964101	-0.922346
Acetato de n-butilo	1 a 0.25	65	hexano	0	7.881	13.361	18.446	23.598	2.065223	-0.943896
Acetato de bencilo	1 a 0.25	65	hexano	0	8.488	12.036	15.344	19.874	1.594446	-0.909491
Propionato de metilo	2 a 1	65	hexano	0	9.848	14.403	20.096	27.474	2.929155	-0.990928
Propionato de etilo	1 a 0.25	65	heptano	0	12.084	19.040	23.244	27.824	2.723973	-0.944588
Propionato de n-propilo	1 a 2	65	heptano	0	11.408	15.804	20.424	27.824	2.202486	-0.923666
Propionato de isopropilo	1 a 1	55	hexano	0	6.240	12.280	14.142	17.874	1.688905	-0.940916
Propionato de butilo	0.25 a 1	65	heptano	0	7.924	13.890	18.222	23.874	2.217595	-0.962321
Propionato de bencilo	1 a 0.25	55	heptano	0	6.039	11.682	17.676	23.874	2.147649	-0.967449
Butirato de metilo	0.25 a 1	65	hexano	0	8.889	13.401	18.867	23.874	2.293993	-0.966642
Butirato de etilo	1 a 2	65	hexano	0	9.240	13.326	18.271	23.874	2.330757	-0.973405
Butirato de n-propilo	0.25 a 1	65	hexano	0	7.824	13.484	19.168	23.874	2.437446	-0.976576
Butirato de isopropilo	1 a 1	65	hexano	0	9.682	14.042	22.526	27.874	2.882068	-0.980021
Butirato de n-butilo	1 a 2	65	hexano	0	8.618	15.004	19.672	23.874	2.521554	-0.973419
Butirato de bencilo	1 a 0.25	65	heptano	0	8.962	14.000	20.767	27.874	2.301919	-0.945693

Gráfico 36.- Porcentaje de esterificación para compuestos producidos con catálisis de esporas en reuso

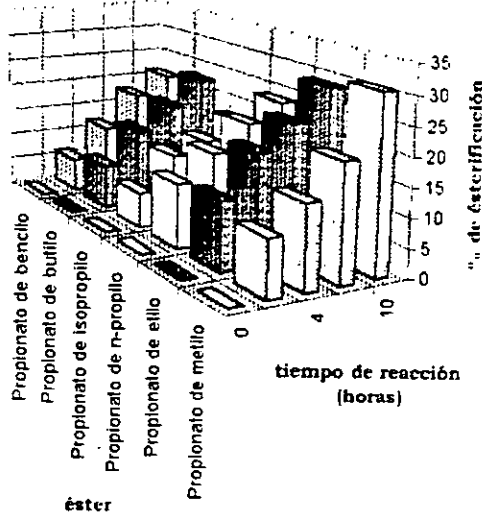


**DE MANERA  
DESGLOSADA  
SE TIENE:**

**Gráfica 37.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos con catálisis de esporas en reuso**



**Gráfica 38.- Porcentaje de esterificación para propionatos producidos con catálisis de esporas en reuso**



**Gráfica 39.- Porcentaje de esterificación para butiratos producidos con catálisis de esporas en reuso**

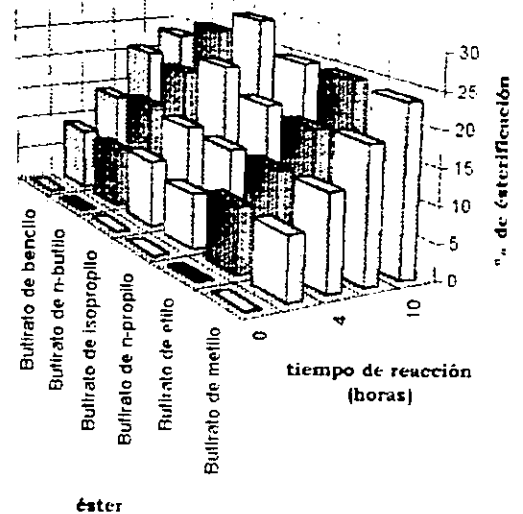
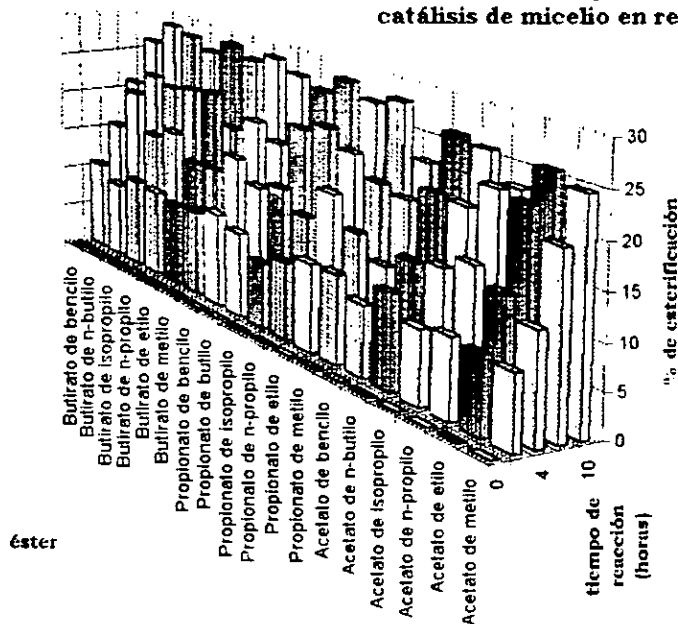


Tabla 39.- Resultados de este tipo de reacción para la producción de ésteres catalizada por *Ceratocystis fimbriata*

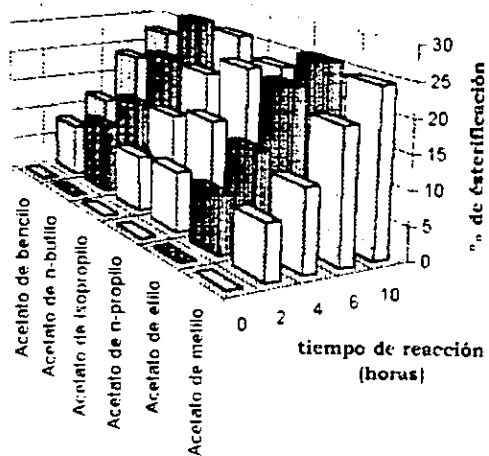
ÉSTER	Relación molar	Temperatura (°C)	Tiempo de reacción (horas)	Temperatura de esterificación					C.A. (g)	C.A. (g)	Rendimiento (%)
				1	2	3	4	5			
Acetato de metilo	1 a 2	65	hexano	0	8.246	12.164	19.722	22.600	25.478	2.443946	-0.974785
Acetato de etilo	1 a 0.25	65	hexano	0	8.641	14.104	22.600	25.478	28.356	2.587770	-0.956517
Acetato de n-propilo	1 a 0.25	65	heptano	0	9.028	15.814	23.170	25.478	28.356	2.310500	-0.905458
Acetato de isopropilo	1 a 2	65	hexano	0	8.402	14.181	20.220	25.478	28.356	2.544061	-0.974773
Acetato de n-butilo	1 a 0.25	65	hexano	0	10.685	13.579	20.434	25.478	28.356	2.507047	-0.967413
Acetato de bencilo	1 a 0.25	65	hexano	0	8.111	11.862	18.718	25.478	28.356	2.206662	-0.963952
Propionato de metilo	2 a 1	65	hexano	0	10.045	14.222	19.334	25.478	28.356	2.666162	-0.983408
Propionato de etilo	1 a 0.25	65	heptano	0	9.895	17.392	21.627	25.478	28.356	2.619973	-0.956153
Propionato de n-propilo	1 a 2	65	heptano	0	8.789	13.638	23.443	25.478	28.356	2.874932	-0.972733
Propionato de isopropilo	1 a 1	55	hexano	0	7.440	15.844	22.362	25.478	28.356	2.696500	-0.960525
Propionato de butilo	0.25 a 1	65	heptano	0	9.747	14.818	19.662	25.478	28.356	2.630014	-0.979968
Propionato de bencilo	1 a 0.25	55	heptano	0	10.844	17.274	21.266	25.478	28.356	2.729122	-0.967198
Butirato de metilo	0.25 a 1	65	hexano	0	9.907	14.748	19.456	25.478	28.356	2.634324	-0.980693
Butirato de etilo	1 a 2	65	hexano	0	9.622	14.558	22.888	25.478	28.356	2.843689	-0.975058
Butirato de n-propilo	0.25 a 1	65	hexano	0	10.211	17.355	22.443	25.478	28.356	2.629399	-0.951517
Butirato de isopropilo	1 a 1	65	hexano	0	10.426	16.036	21.824	25.478	28.356	2.728365	-0.970478
Butirato de n-butilo	1 a 2	65	hexano	0	8.944	20.563	22.512	25.478	28.356	2.835196	-0.944198
Butirato de bencilo	1 a 0.25	65	heptano	0	10.614	15.480	20.842	25.478	28.356	2.494676	-0.959257

Gráfica 40.- Porcentaje de esterificación para compuestos producidos con catálisis de micelio en reuso



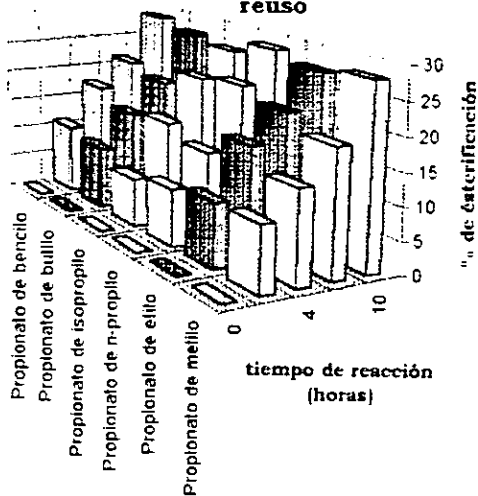
DE MANERA  
DESGLOSADA  
SE TIENE:

Gráfica 41.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos con catálisis de micelio en reuso



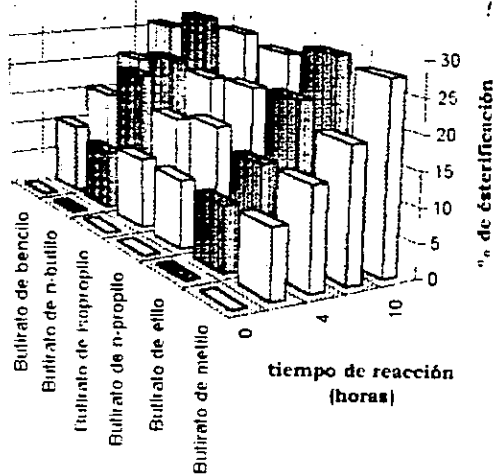
éster

Gráfica 42.- Porcentaje de esterificación para propionatos producidos con catálisis de micelio en reuso



éster

Gráfica 43.- Porcentaje de esterificación para butiratos producidos con catálisis de micelio en reuso

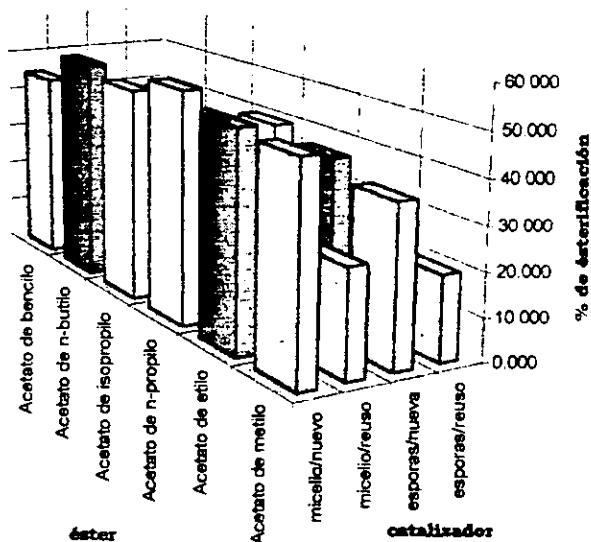


éster

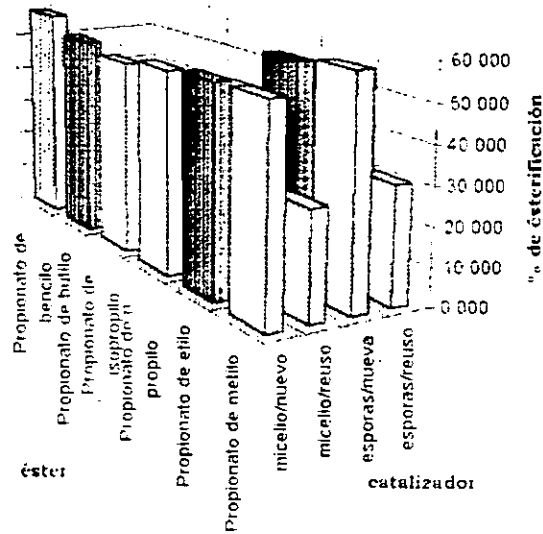
Tabla 32.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos empleando micelio y esporas recién obtenidas v.s micelio y esporas en reuso (datos a las 10 horas de reacción)

éster	micelio		esporas	
	catalizador micelio/nuevo	catalizador: micelio/reuso	catalizador esporas/nueva	catalizador: esporas/reuso
Acetato de metilo	48.635	24.604	36.820	19.484
Acetato de etilo	50.036	25.610	40.613	21.406
Acetato de n-propilo	53.754	22.804	43.803	19.815
Acetato de isopropilo	49.731	25.731	40.722	20.646
Acetato de n-butilo	52.332	26.214	43.340	20.894
Acetato de bencilo	44.636	22.303	35.826	16.969
Propionato de metilo	54.766	27.982	58.746	30.473
Propionato de etilo	54.436	27.000	57.022	28.694
Propionato de n-propilo	53.146	28.435	46.132	23.466
Propionato de isopropilo	51.261	26.437	33.273	17.365
Propionato de butilo	53.452	27.421	43.450	22.625
Propionato de bencilo	57.664	28.656	40.152	21.076
Butirato de metilo	55.069	27.589	49.524	23.627
Butirato de etilo	56.166	28.686	46.266	24.331
Butirato de n-propilo	54.227	27.000	51.215	24.607
Butirato de isopropilo	56.245	28.221	56.236	29.184
Butirato de n-butilo	55.786	28.842	49.602	25.801
Butirato de bencilo	53.062	26.072	45.649	23.242

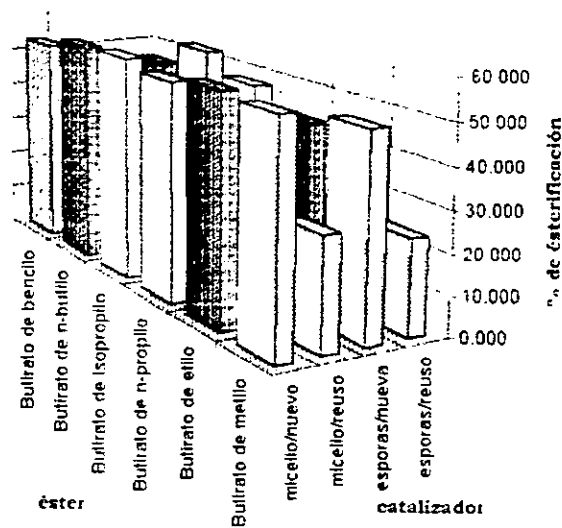
Gráfica 44.- Comparación de datos referentes a % de esterificación empleando micelio y esporas recién obtenidas v.s micelio y esporas en reuso para la familia de los acetatos (datos a las 10 horas de reacción)



Gráfica 45.- Comparación de datos referentes a % de esterificación empleando micelio y esporas recién obtenidas v.s micelio y esporas en reuso para la familia de los propionatos (datos a las 10 horas de reacción)



Gráfica 46.- Comparación de datos referentes a % de esterificación empleando micelio y esporas recién obtenidas v.s micelio y esporas en reuso para la familia de los butiratos (datos a las 10 horas de reacción)



---

## **2.5.-Reacciones de esterificación sin biocatalizador**

---

Durante el desarrollo de los resultados, se ha mencionado en el hecho de que a estos se les resta el porcentaje de esterificación obtenido en un blanco.

Para dar una visión de la dimensión de estos valores, se presentan los datos obtenidos para los blancos a nivel matraz ( gráficas 47-50 y tabla 33 ).

---

## **2.6.-Método por valor ácido para la obtención de porcentajes de esterificación.**

---

Todos los resultados presentados fueron obtenidos por el método de valor ácido.

Considerando a un ácido y a un alcohol como las materias primas iniciales, a medida que se va formando el producto, la cantidad de estos reactivos va disminuyendo proporcionalmente.

El método por valor ácido consiste en seguir la cinética de consumo del ácido, mediante una titulación con una base adecuada ( en este caso, hidróxido de sodio ).

De acuerdo a este método, el consumo de ácido equivale al porcentaje del producto formado considerando la presencia no significativa de productos secundarios.

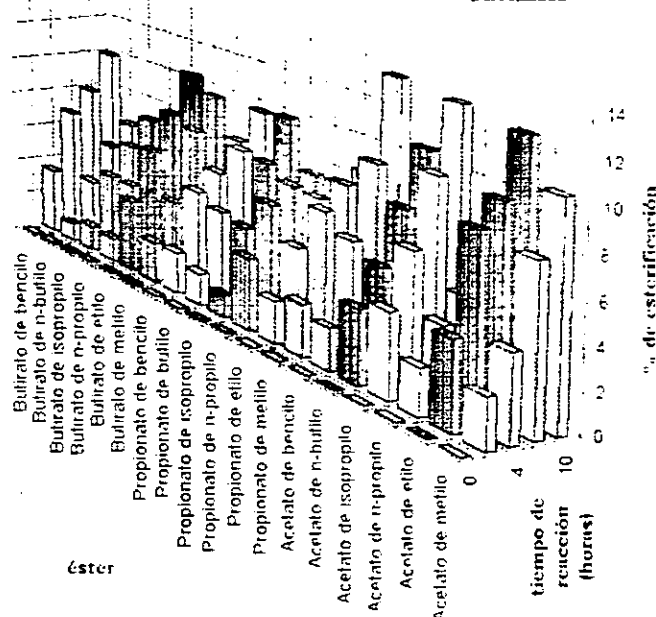
Como todo método presenta errores de +/- 3%. Sin embargo, el método se recomienda por la rapidez y sencillez para llevarse a cabo, sobre todo en reacciones en las cuales el nivel de precisión en cuanto a los datos referentes a rendimiento no son esenciales.

A continuación se presenta un análisis comparativo entre los resultados por valor ácido y los rendimientos ya obtenidos una vez llevada a cabo la purificación final. De manera general, se observa que la máxima diferencia no sobrepasa el 3% ( gráficas 51-56 y tablas 34 y 35 )



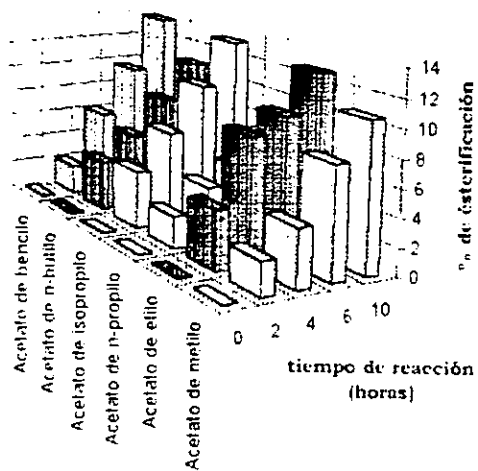
Éster	Tiempo de reacción (horas)	Temperatura (°C)	Solvente	Concentración (g/L)			Catalizador		Yield (%)	Conversion (%)
				Substrato	Agua	Etanol	Enzima	Coenzima		
Acetato de metilo	1 a 2	65	hexano	0	2 458	4 218	8 020		1 069014	-0 983333
Acetato de etilo	1 a 0 25	65	hexano	0	4 318	8 818	10 000		1 238878	-0 945248
Acetato de n-propilo	1 a 0 25	65	heptano	0	2 322	4 052	5 124		0 692662	-0 979724
Acetato de isopropilo	1 a 2	65	hexano	0	4 222	6 824	10 096		1 305000	-0 983333
Acetato de n-butilo	1 a 0 25	65	hexano	0	3 692	5 421	8 022		1 036804	-0 979947
Acetato de bencilo	1 a 0 25	65	hexano	0	2 124	5 123	9 632		1 415453	-0 992248
Propionato de metilo	2 a 1	65	hexano	0	2 614	6 891	8 100		0 871818	-0 983768
Propionato de etilo	1 a 0 25	65	heptano	0	2 111	4 603	6 894		0 775601	-0 942734
Propionato de n-propilo	1 a 1	65	heptano	0	3 813	5 311	7 000		0 701412	-0 874777
Propionato de isopropilo	1 a 1	65	hexano	0	1 113	4 435	7 621		1 058304	-0 972034
Propionato de butilo	0 25 a 1	65	heptano	0	1 628	4 723	7 812		1 028615	-0 974431
Propionato de bencilo	1 a 0 25	65	heptano	0	2 149	5 245	6 119		0 770419	-0 957491
Butirato de metilo	0 25 a 1	65	hexano	0	2 104	4 100	7 924		1 010689	-0 874776
Butirato de etilo	1 a 2	65	hexano	0	3 789	5 456	6 369		1 007541	-0 983333
Butirato de n-propilo	0 25 a 1	65	hexano	0	1 189	4 014	5 753		0 690486	-0 944486
Butirato de isopropilo	1 a 1	65	hexano	0	1 324	4 329	5 628		0 726547	-0 962078
Butirato de n-butilo	1 a 1	65	hexano	0	0 923	3 218	5 116		0 670324	-0 963688
Butirato de bencilo	1 a 0 25	65	heptano	0	3 526	6 752	7 960		0 964662	-0 943847

Gráfica 47.- Porcentaje de esterificación para compuestos producidos sin catálisis



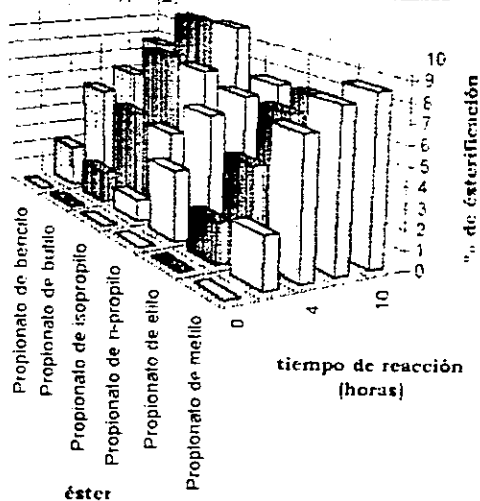
DE MANERA  
DESGLOSADA  
SE TIENE:

Gráfica 48.- Porcentaje de esterificación para acetatos producidos sin catálisis



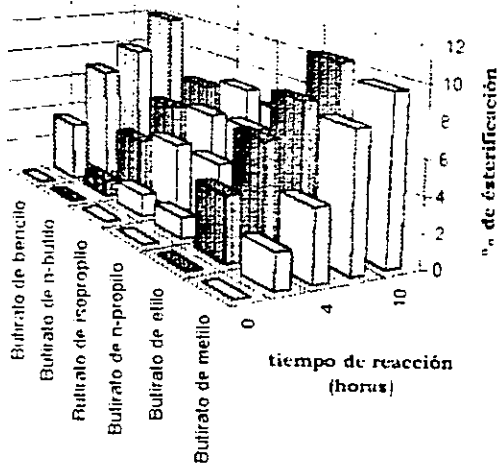
éster

Gráfica 49.- Porcentaje de esterificación para propionatos producidos sin catálisis



éster

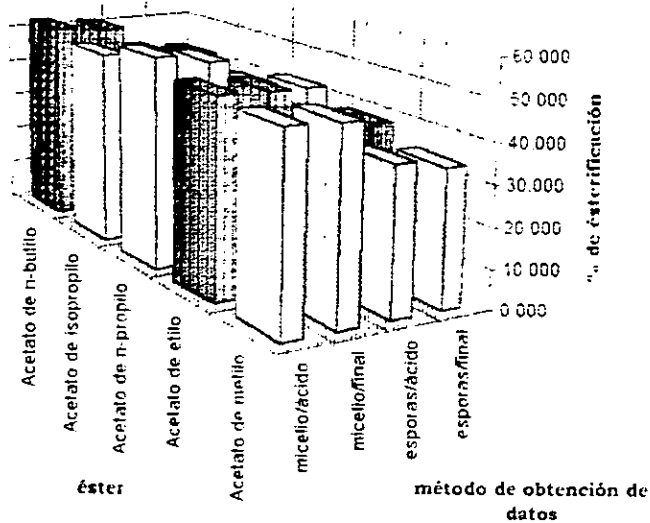
Gráfica 50.- Porcentaje de esterificación para butiratos producidos sin catálisis



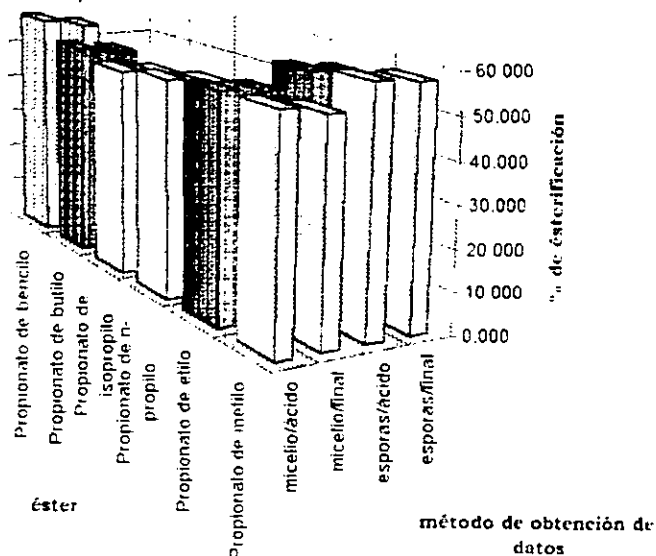
éster

éster	método micelio			método esporas		
	valor ácido	metodo micelio/final	diferencia	valor ácido	metodo esporas/final	diferencia
Acetato de metilo	47.819	47.864	10.719	46.712	34.268	2.532
Acetato de etilo	49.248	49.248	0.760	48.488	38.33	2.483
Acetato de n-propilo	51.481	51.481	2.273	49.208	42.023	1.780
Acetato de isopropilo	47.812	47.812	1.919	45.893	38.01	2.712
Acetato de n-butilo	51.126	51.126	1.178	49.948	41.42	1.620
Acetato de bencilo	42.218	42.218	2.621	39.597	33.624	2.264
Propionato de metilo	52.638	52.638	2.121	50.517	57.68	1.068
Propionato de etilo	53.262	53.262	1.174	52.088	55.268	1.754
Propionato de n-propilo	51.445	51.445	1.701	49.744	44.226	1.908
Propionato de isopropilo	49.869	49.869	1.392	48.477	32.322	0.951
Propionato de butilo	51.881	51.881	1.571	50.31	41.032	2.418
Propionato de bencilo	55.889	55.889	2.178	53.711	38.42	1.732
Butirato de metilo	52.561	52.561	2.528	50.033	48.642	0.892
Butirato de etilo	54.626	54.626	1.542	53.084	44.564	1.702
Butirato de n-propilo	52.444	52.444	1.783	50.661	50.656	0.559
Butirato de isopropilo	54.646	54.646	1.599	53.047	54.028	2.210
Butirato de n-butilo	53.273	53.273	2.813	50.46	47.265	2.337
Butirato de bencilo	51.487	51.487	1.578	49.909	42.662	2.978

Gráfica 51.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s valores obtenidos en la purificación final para la familia de los acetatos, empleando micelio y esporas



Gráfica 52.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s valores obtenidos en la purificación final para la familia de los propionatos, empleando micelio y esporas



Gráfica 53.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s valores obtenidos en la purificación final para la familia de los butiratos, empleando micelio y esporas

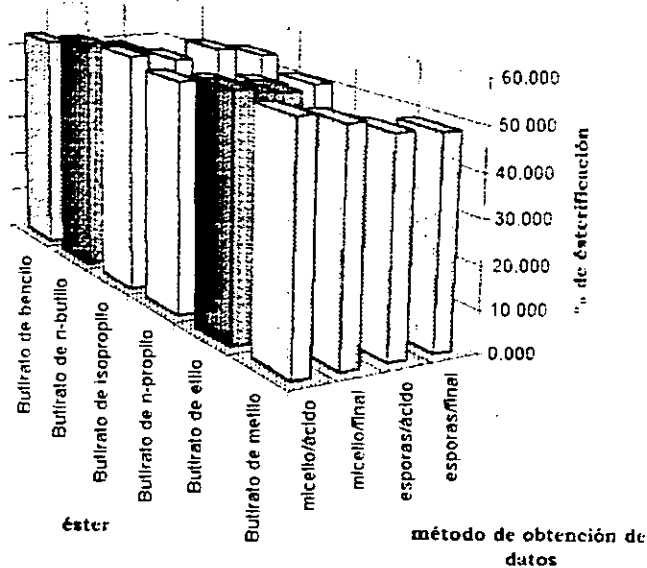
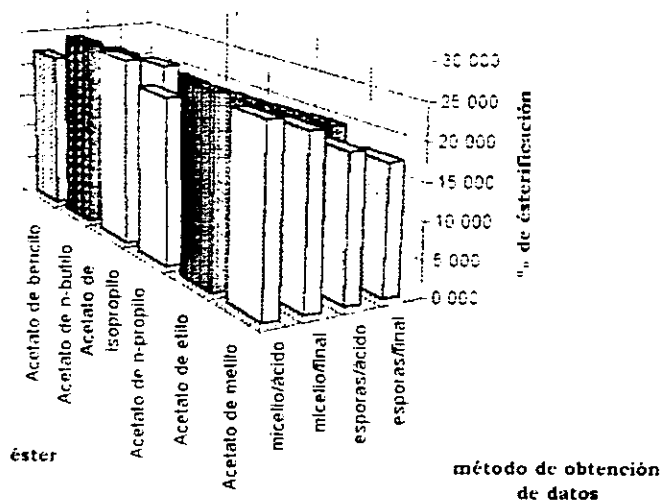


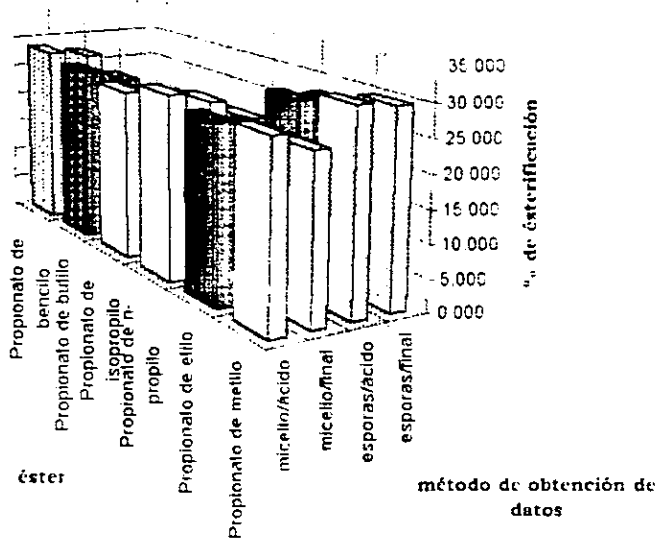
Tabla 53. Comparación de datos referentes a la producción de ésteres (a las 10 horas de reacción) obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s. valores obtenidos en la purificación final para la familia de los acetatos, empleando micelio y esporas en reuso.

éster	micelio			esporas		
	valor ácido	método micelio/final	diferencia	valor ácido	esporas/final	diferencia
Acetato de metilo	24 672	22 668	1 936	24 014	17 465	2 049
Acetato de etilo	23 111	23 404	2 206	21 411	19 448	1 963
Acetato de n-propilo	21 534	20 786	2 018	19 817	18 656	1 159
Acetato de isopropilo	23 111	24 414	1 317	20 341	18 684	1 657
Acetato de n-butilo	21 019	24 013	2 201	20 339	18 868	2 026
Acetato de bencilo	20 932	20 932	1 371	18 122	14 469	2 600
Propionato de metilo	25 092	25 092	2 890	23 471	29 649	0 624
Propionato de etilo	25 409	25 409	1 591	23 264	27 697	0 997
Propionato de n-propilo	24 413	26 75	1 685	21 124	21 346	2 120
Propionato de isopropilo	24 413	24 784	1 653	19 212	18 556	1 606
Propionato de butilo	23 413	25 513	1 908	20 311	20 655	1 670
Propionato de bencilo	23 413	27 562	1 094	20 311	19 276	1 000
Butirato de metilo	25 696	25 696	1 892	23 311	21 174	2 453
Butirato de etilo	23 855	26 855	1 801	21 124	22 717	1 614
Butirato de n-propilo	25 108	25 108	1 892	23 311	22 163	2 444
Butirato de isopropilo	25 108	26 21	2 011	23 311	27 816	1 366
Butirato de n-butilo	25 108	26 221	2 621	23 311	23 214	2 557
Butirato de bencilo	25 108	24 082	1 990	23 311	21 48	1 762

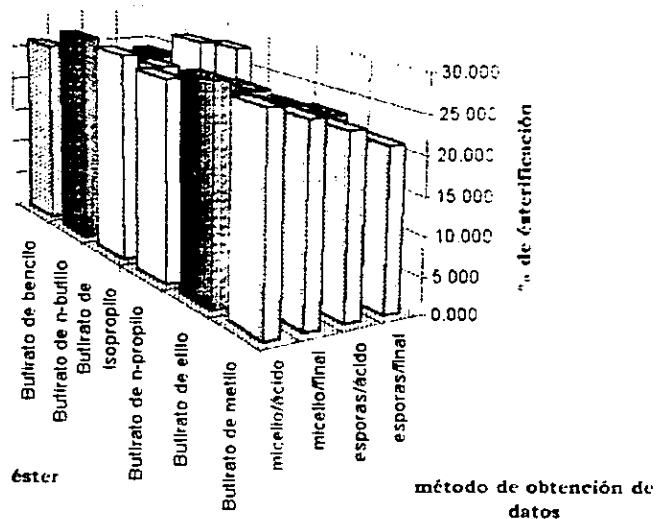
Gráfica 54.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s valores obtenidos en la purificación final para la familia de los acetatos, empleando micelio y esporas en reuso



Gráfica 55.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s valores obtenidos en la purificación final para la familia de los propionatos, empleando micelio y esporas en reuso

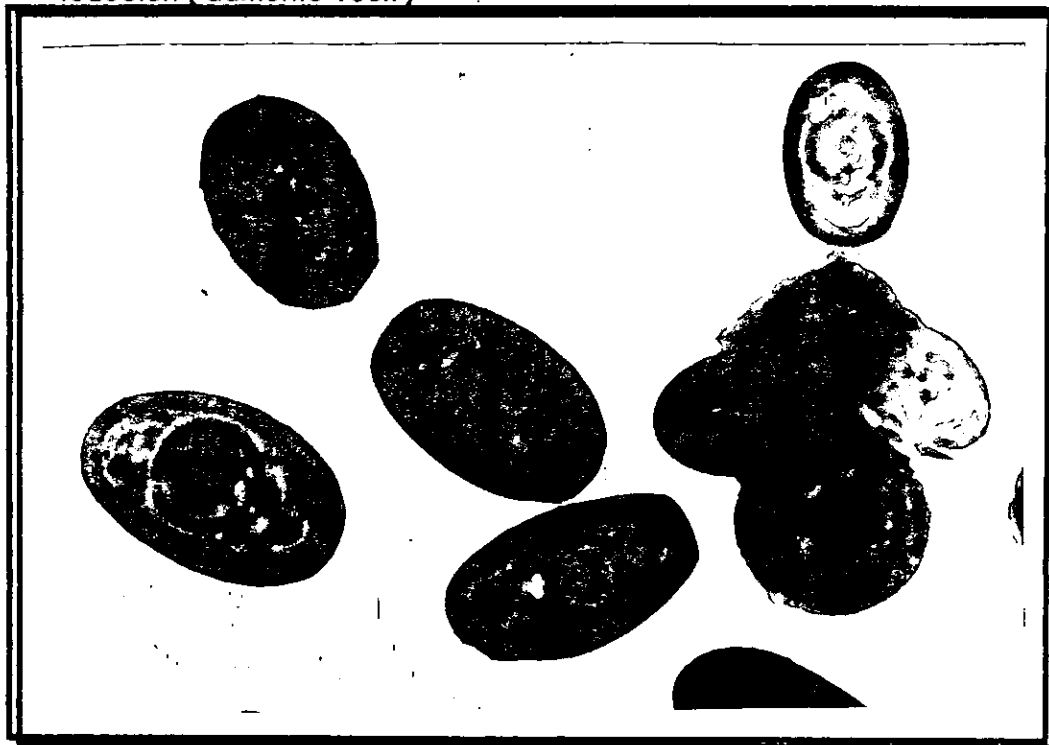


Gráfica 56.- Comparación de datos referentes a % de esterificación obtenidos por valor ácido (a las 10 horas de reacción) v.s valores obtenidos en la purificación final para la familia de los butiratos, empleando micelio y esporas en reuso

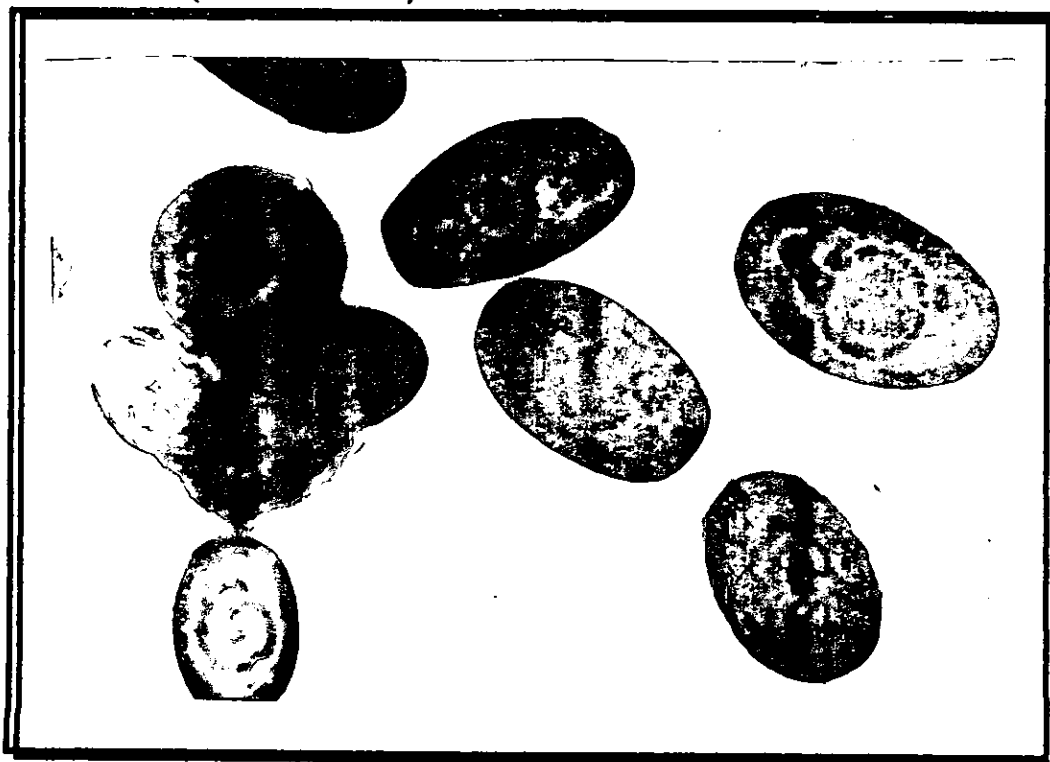


### 3.- Análisis Microscópico

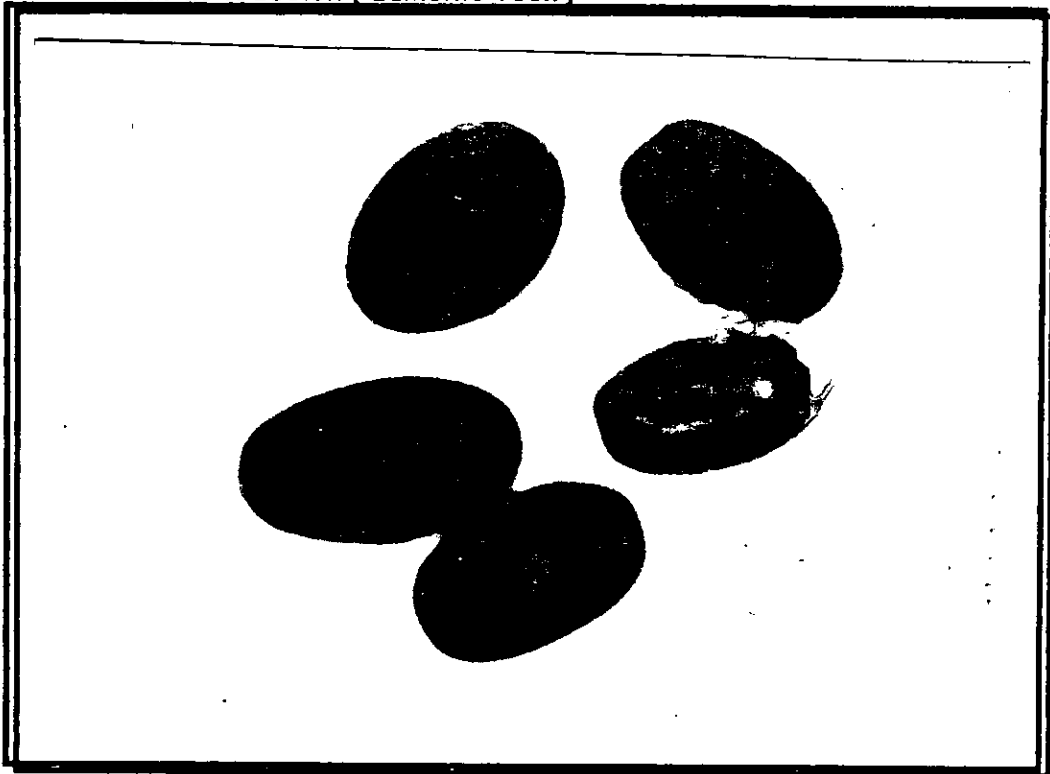
Fotografía 1.- Esporas de *Ceratocystis fimbriata* con tinción de azul de metileno a las 0 horas de reacción ( aumento 100x )



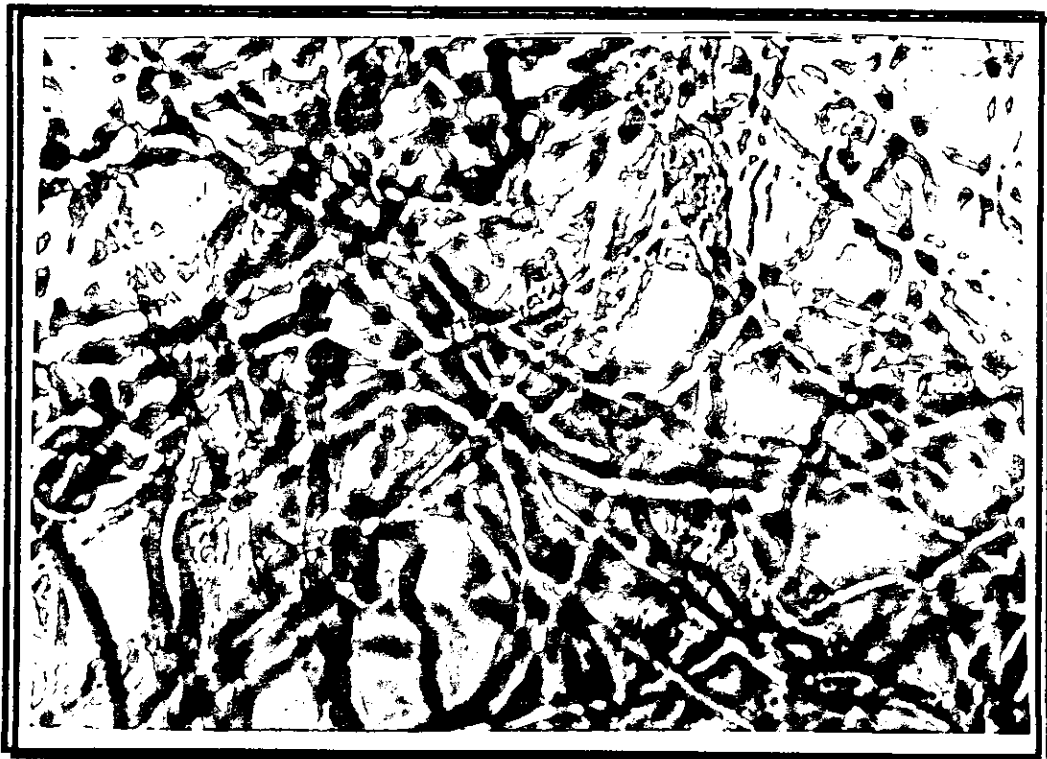
Fotografía 2.- Esporas de *Ceratocystis fimbriata* con tinción de azul de metileno a las 10 horas de reacción ( aumento 100x )



Fotografía 3.- Esporas de *Ceratocystis fimbriata* ( en reuso ) con tinción de azul de metileno a las 10 horas de reacción ( aumento 100x )



Fotografía 4.- Micelio de *Ceratocystis fimbriata* con tinción de azul de metileno a las 0 horas de reacción ( aumento 40x )

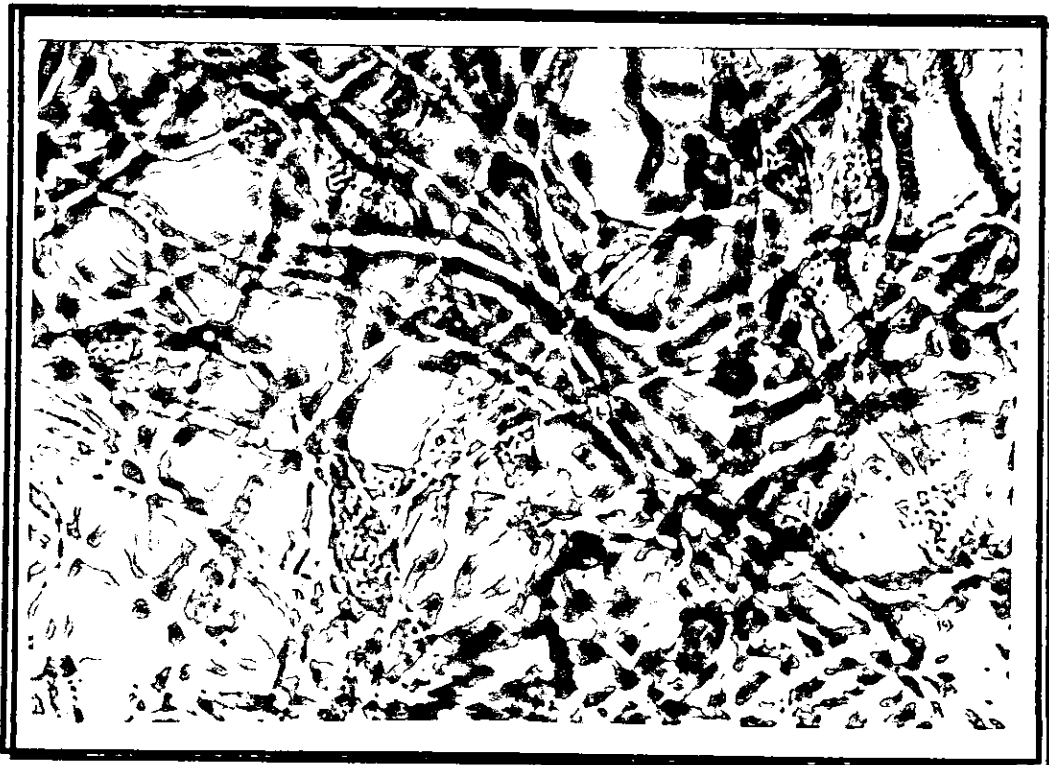




Fotografía 5.- Micelio de *Ceratocystis fimbriata* con tinción de azul de metileno a las 10 horas de reacción ( aumento 40x )



Fotografía 6.- Micelio de *Ceratocystis fimbriata* ( en reuso ) con tinción de azul de metileno a las 10 horas de reacción ( aumento 40x )



# SECCION VII

---

---

## Análisis de resultados

---

---

“La prueba de cada civilización humana está en la especie de hombre  
y de mujer que en ella se produce”

José Martí

## VII.- Análisis de resultados

### 1.- Análisis del efecto del tiempo de reacción empleando esporas como biocatalizador

Como es de esperarse en cualquier tipo de reacción, entre mayor tiempo pase mayor será el porcentaje de rendimiento del producto deseado mientras se alcanza el punto de equilibrio, en el cual independientemente de que si se deja más tiempo la reacción, el porcentaje de rendimiento ya no aumenta.

Tomando como base diferentes referencias bibliográficas ( anexo c; parte 2 ), se encontro que la mayoría de los experimentos bajo condiciones suaves tales como 25°C, se dejaban reaccionando entre 5 y 48 horas.

Para el caso de este trabajo experimental y partiendo de estas condiciones hacia otras más fuertes tales como 65°C, el tiempo en el cual el producto se formaría sería menor.

Como se observa en los resultados ( tablas y gráficas 1-6 ) y en el anexo a parte 1 sólo en algunos casos las condiciones de equilibrio se alcanzaron, mostrandose esto en las reacciones en las que a las 6 y 10 horas de reacción el porcentaje de rendimiento obtenido era el mismo, lo cual habla de que no importaba si la reacción se dejaba más tiempo, el porcentaje permanecería igual.

El hecho de que a las 10 horas no se haya alcanzado el equilibrio orilla a las siguientes situaciones: primero, a que la enzima es muy estable ya que en condiciones extremas como 65°C y con un tiempo considerable aún continua trabajando.

Segundo, la actividad enzimática es baja en dichas condiciones y el pensar en una aplicación industrial sería difícil ya que el tiempo de reacción es considerable y a la larga el proceso no sería rentable.

En reacciones a nivel matraz se observo que todas las reacciones resultaron ser de orden cero catalizadas tanto por esporas como por micelio, lo que habla de la independencia de la concentración de los reactantes con respecto al tiempo de reacción y que no importando las relaciones molares empleadas, el tiempo necesario para obtener el porciento de esterificación máximo no se ve alterado.

### 2.- Análisis del efecto de la temperatura empleando esporas como biocatalizador

La temperatura dentro de cualquier sistema de reacción también se considera un catalizador. Sin embargo, al igual que los catalizadores químicos y biológicos también tiene sus límites. Durante el diseño del trabajo experimental se tomaron en cuenta rangos de temperatura en los cuales el catalizador biológico pudiera presentar mayor actividad.

Esta actividad más la fuerza catalítica proporcionada por el calentamiento de la mezcla de reacción traen como consecuencia un rendimiento mayor del producto deseado. Sin embargo, es importante no olvidar que se trato con un catalizador biológico y, por lo tanto, con ciertas tendencias de labilidad al calor.

Como puede observarse en los resultados ( tablas y gráficas 7-12 ) y más detalladamente en el anexo a parte 2, el rango de temperatura óptimo para la catálisis se encuentra entre 55-65 (  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ). Esto indica que el catalizador al estar presente en un sistema orgánico es más termoestable, ya que como se sabe es común que arriba de los  $40^{\circ}\text{C}$  los microorganismos mueran o inhiban su crecimiento y las enzimas se desnaturalicen.

A todos los resultados ( marcados en el anexo a ) , se les resta ya el porcentaje obtenido en un blanco, por lo que los datos que se presentan son efectos puros de la acción del catalizador a tal temperatura.

Si se observan cada una de las tablas generadas ( anexo a: parte 2 ) es notorio el hecho de que conforme aumenta el grado de temperatura aumenta el rendimiento. Hubiera sido óptimo la obtención de una campana de Gauss en la que se observara la temperatura de declive, ya que se tendría de forma más concreta y definida el rango real de actividad. Obviamente entre más calor mayor producción del compuesto esperado, por lo menos hasta  $65^{\circ}\text{C}$ .

Es importante mencionar la vitalidad de mantener un buen control no sólo durante el calentamiento sino en todas las demás variables. Si no se tiene un calentamiento correcto, los resultados pueden variar, considerando que si en un momento dado se eleva la temperatura muy alto y no se detecta, el microorganismo y/o la enzima pueden dañarse y aunque el control sobre el calentamiento se retomara nuevamente, el daño sería irreversible y los resultados no serían reales.

Durante el desarrollo del presente trabajo, todas las temperaturas estuvieron controladas gracias al uso del equipo adecuado, el cual cuenta con un termostato e indicador de temperatura digital, lo que permite presentar temperaturas con rangos de error de  $\pm 0.00$ .

Si se consideran los resultados reportados en el anexo c ( parte 1 ), se observa que en reacciones meramente orgánicas se requieren altas temperaturas ( la mayoría de ellas de reflujo ) para alcanzar rendimientos equivalentes a los obtenidos aquí. Esto implica una ventaja marcada del uso del biocatalizador, ya que a temperaturas menores de  $100^{\circ}\text{C}$  se obtienen mayores rendimientos, lo cual ya nivel industrial puede ser importante.

Esto demuestra también el gran desarrollo que se le dará a los sistemas biorgánicos ya que la estabilidad de la enzima a tan elevadas temperaturas esta relacionada con la conservación de la capa esencial de hidratación alrededor de la lipasa, lo que previene el deterioro del catalizador ,el cual en su mayoría es inducido termicamente.

### 3.- Análisis del efecto de la relación molar empleando esporas como biocatalizador

La cantidad de alcohol y de ácido presentes en el medio de reacción son fundamentales para obtener el máximo rendimiento del producto deseado. Como se observa en los resultados (anexo a: parte 1 y 2 ) es imposible tratar de homogenizar la influencia de una determinada relación molar para los ésteres sintetizados. La enzima se comporta de manera diferente en cada relación molar, estableciéndose una influencia innata de la cantidad de ácido y alcohol y, por lo tanto, también de la estructura de estos.

Con los resultados obtenidos ( tablas 13-24 y gráficas correspondientes; anexo a : parte 1 y 2 ) se observa el efecto de la longitud de cadena de alcohol y de ácido. A simple vista, los resultados se observan muy semejantes e incluso de primera instancia llevan a pensar que no existe diferencia en el empleo de cualquiera de las relaciones molares independientemente del ácido o alcohol con que se trabaje.

Mediante un análisis estadístico ( resultados tablas 25-27 y anexo b ) se pudo comprobar que si existe diferencia significativa entre las diferentes relaciones empleadas. Las lipasas tienen la peculiaridad de trabajar en diferentes condiciones de concentración, no inhibiéndose en alguna su capacidad catalítica, pero viéndose favorecidos los porcentajes de esterificación en condiciones diferentes dependiendo del éster producido.

El efecto de la longitud de cadena de alcohol y ácido establece que el ácido butírico es el elemento menos tóxico para las enzimas, seguido del propiónico y del acético. En cuanto al efecto de la longitud de cadena de alcohol, aquí no es tan marcado el efecto, si existen diferencias pero no significa que la cadena de alcohol más larga sea en la cual se hayan obtenido mayores porcentajes.

De aquí se deduce que: la influencia del ácido tiene mayor peso en las condiciones de trabajo de la enzima y que siguiendo la misma línea aplicada al sistema orgánico, entre más apolar sea el sustrato mayor será la actividad de la enzima, ya que las condiciones de la capa esencial de agua que mantienen hidratada a la lipasa se ven menos afectadas y a que bajo estas condiciones de naturaleza del disolvente hay mayor afinidad por el sitio activo. Además hay un gasto menor de energía ( y esto viene de la mano con la obtención de altos rendimientos a bajas temperaturas ) debido a la transformación regioselectiva de los sustratos.

El ácido acético y por consiguiente todos aquellos alcoholes empleados con características polares más marcadas ( principalmente el alcohol metílico y etílico ) presentan una mayor afinidad por el agua, lo cual ocasiona que la cantidad de agua presente en la célula no sea la óptima y ocasionen efectos no deseados tales como, la desnaturalización de la enzima y por consiguiente, bajos resultados del compuesto deseado como consecuencia de la disminución de la actividad catalítica. Si a esto se suma el efecto de la interacción ya sea de la longitud de cadena de ácido, cadena de alcohol y/o relaciones molares, dicha actividad se ve afectada con mayor impacto.

Todos los alcoholes y ácidos probados en este trabajo difieren sólo en un átomo de carbono en su estructura pero gracias al análisis estadístico ( anexo b ) se comprueba que aun esta mínima diferencia en estructura si es significativa, deduciendo que los compuestos menos polares son también aceptores preferenciales. Por consiguiente, al evaluar en conjunto los resultados obtenidos con el efecto de la ramificación al emplear alcohol isopropílico, se observa que si hay influencia, debido a que esta estructura ya en forma tridimensional trae obstáculos, tales como impedimento estérico, lo cual le permite llegar con dificultad hacia el sitio activo independientemente de su naturaleza polar. Este mismo efecto altera también los resultados obtenidos con el alcohol aromático, ya que debido al gran volumen estructural que este presenta, la dificultad para poder alcanzar el sitio activo opaca la naturaleza apolar de este compuesto.

Considerando el anexo c ( parte 1 ), se observa la ventaja de emplear sistemas biorgánicos, ya que prácticamente se está partiendo de las materias primas clásicas para la síntesis de los ésteres. Aunque en el anexo se reportan materias primas semejantes, hay que considerar también bajo que condiciones de temperatura y tiempo de reacción están trabajando, así como los rendimientos obtenidos. En otros casos se reporta el empleo de materias primas y catalizadores de alto precio, lo que también dificulta la aplicación en gran volumen. Otra ventaja más del empleo de sistemas biorgánicos: materias primas de fácil acceso.

En los resultados ( tablas 28 y 29 y gráficas correspondientes ) se indica que para reacciones a nivel matraz empleando tanto esporas y micelio como biocatalizadores se presenta una cinética de reacción de orden cero, esto es, la concentración de los reactantes es independiente de la velocidad de reacción, lo cual va de la mano con la facilidad que tiene el sustrato para llegar al sitio activo dependiendo de las condiciones bajo las cuales está trabajando, y además que la afinidad y cantidad de sustratos presentes son vitales en la obtención de un buen resultado independientemente del tiempo de reacción.

#### 4.- Análisis del efecto del sistema orgánico empleando esporas como biocatalizador

Definitivamente, la naturaleza del medio orgánico y la cantidad de agua en el medio de reacción son dos factores fundamentales que determinan la conducta de la enzima en un sistema microacuoso. El agua es absolutamente esencial para la actividad de la enzima.

Al emplear dos disolventes orgánicos con características no polares, pero que de acuerdo a su composición contienen entre 0.03 y 0.01% de agua estamos asegurando que esa aparentemente "pequeña" cantidad de agua es suficiente, ya que por estudios previos reportados en la literatura, se ha demostrado que si el medio orgánico contiene 0.01% de agua, equivale a un 30% de agua en la enzima, suficiente para poder llevar a cabo todas sus actividades.

Por otro lado, al ser compuestos implícitamente no polares, estos disolventes no presentan afinidad alguna por el agua contenida en la célula. Esto es más entendible si se compara lo que sucedería al emplear un disolvente polar o medianamente polar. Bajo estas características y siguiendo el principio de lo "semejante se disuelve en lo semejante", por atracciones el disolvente polar tendería a "jalar" el agua contenida en la célula a su ambiente, deshidratandola y consecuentemente ocasionando la desnaturalización de la enzima presente dentro de ella.

De hecho, esta claro una cosa: la actividad enzimática en el medio orgánico no esta determinada por las interacciones del disolvente con la enzima en si, sino de las interacciones del agua con la enzima, de ahí la importancia de su presencia en la cantidad realmente requerida.

En este trabajo experimental se realizo lo siguiente: primero durante el crecimiento de la célula se le suministro suficiente agua a ella mediante las condiciones del medio de crecimiento, para poder hidratar a la enzima. Una vez hidratada, la enzima permanecio en una conformación activa estable. Al separarla y emplearla en un sistema orgánico apolar, este ultimo NO elimino el agua esencial de hidratación.

La enzima hidratada permanece como tal dentro de la célula y funciona directamente. La actividad catalítica es una función importante dependiente de la flexibilidad de la enzima la cual a su vez depende de la hidratación de esta.

Se encuentra reportado que las lipasas de los hongos filamentosos (*Rhizopus* y *Penicillium* sp) son más tolerantes a las cantidades pequeñas de agua que las lipasas bacterianas (*Pseudomonas* sp). Esto apoya la alta estabilidad de la lipasa proveniente de *Ceratocystis fimbriata*, ya que al ser un hongo también de naturaleza filamentosa y de acuerdo a los resultados aqui obtenidos, presenta tolerancia a las pequeñas cantidades de agua, lo cual auxilia de forma importante el desarrollo de la catálisis en un sistema biorgánico.

El doblamiento y desdoblamiento de la lipasa esta controlado por los movimientos intraproteicos para los cuales el agua actua como lubricante. La enzima necesita agua para formar enlaces con los aminoácidos polares en la superficie, quienes de otra manera interaccionarían uno con otro dando como resultado una conformación inactiva.

La capa esencial de agua se adhiere a la superficie de la enzima y actua como capa protectora. La actividad enzimática decrece progresivamente en los disolventes hidrofílicos ya que la solubilidad de la capa acuosa del catalizador se incrementa en el medio orgánico.

La enzima permanece catalíticamente activa con concentraciones tan bajas como el 0.015%. Al estar la lipasa en un sistema microacuoso se reduce la movilidad de la enzima y consecuentemente se previene un desdoblamiento parcial, que es el primer paso en el proceso de inactivación. La cantidad de agua presente en la lipasa le es insuficiente como para causar la desnaturalización por hidrólisis de los residuos de ácido aspártico y la ruptura de los enlaces disulfuro o formaciones de estructuras incorrectas a altas temperaturas.

De acuerdo al análisis estadístico ( anexo b ) y a los resultados ( tablas 25-27 ) existe diferencia significativa en el empleo de hexano y heptano en la mayoría de los casos. Esto puede explicarse considerando el valor del log P de cada uno de los disolventes. El hexano presenta un valor de 3.5 mientras que el heptano un valor de 4. El mejor disolvente en las reacciones de tipo biorgánico es aquel que presenta el valor más alto de log P, de ahí que esta diferencia es realmente importante para la obtención del resultado.

## 5.- Análisis del efecto del biocatalizador empleando esporas y micelio recién obtenidos y en reuso

El empleo de micelio o esporas como catalizador así como su reuso, es un factor de crucial importancia en el desarrollo de este trabajo experimental. El trabajar con esporas a nivel tubo de ensaye y obtener porcentajes de esterificación con este biocatalizador, deduce que a pesar de no estar en completo desarrollo, la espora contiene a la enzima, tal vez no con la cantidad óptima, pero sí con la presencia necesaria como para observar el efecto catalítico en las reacciones probadas.

El empleo sólo de esporas como catalizadores trae consigo enormes ventajas, entre ellas la obtención de estos biocatalizadores de forma más rápida, y por lo tanto, reducción en costos y tiempo de producción. De ahí que en un principio se haya decidido abarcar toda la combinación de variables empleadas ( 5 temperaturas, 2 sistemas orgánicos, 5 relaciones molares ) con este tipo de catalizador.

A nivel matraz y extrapolando las condiciones más óptimas obtenidas empleando esporas, los resultados con micelio fueron aún más alentadores, ya que el porcentaje de rendimiento obtenido fue mayor, pero el hecho que de se haya obtenido un porcentaje más alto no significa que sea la mejor opción ( ver tablas 28 y 29; gráficas 28-35 ).

Deben considerarse muchos factores como los mencionados anteriormente ( tiempo y costo de obtención del biocatalizador ) ya que para la obtención del micelio se necesita más material, medios de cultivo y preparación, es decir, una serie de pasos que si se colocan en una balanza contra el porcentaje de rendimientos obtenidos en esporas puede no ser la decisión más adecuada. Esta claro que ambos funcionan como catalizadores, pero se necesitaría llevarlo a un escalamiento para conocer si el sistema se comporta de la misma manera en volúmenes mayores.

En cuanto a su reuso ( observado en reacciones a nivel matraz ), se observa que después de 10 horas de reacción, la enzima está ya dañada. Esto se soporta con los porcentajes de rendimientos obtenidos en el segundo sistema de reacción empleado. Hay una reducción de la actividad catalítica entre el 40-60% ( resultados tablas 30-32 y gráficas 36-46 ), lo cual implica que tanto las esporas como el micelio sólo pueden ser empleados en dos reacciones, con una reducción en rendimientos considerable.

Las razones son varias: en primera, y aún con la cantidad de agua adecuada, pudo haberse iniciado ya el proceso de desdoblamiento parcial y con ello el proceso de desactivación de la enzima, lo cual implica que no está trabajando al 100 %; en segundo, durante el proceso de separación, lavado, secado y almacenamiento del biocatalizador para su uso por segunda vez pudo contaminarse, lo cual trae también pérdidas en rendimiento, o bien, las condiciones de la célula estaban alteradas y la protección ambiental proporcionada a la enzima ya no era la misma.

Mediante un análisis microscópico no se observaron cambios en la morfología tanto de la espora como del micelio, comparando sus características al inicio de la reacción, después de 10 horas de reacción y posterior a su reuso ( resultados; fotos 1-6 ). Esto apoya el hecho de que los cambios se presentan a nivel interno, donde se encuentra la enzima, afectando a este biocatalizador y a su acción dentro del medio de reacción.

Considerando lo presentado en el anexo c ( parte 1 ), se observa que el empleo de catalizadores biológicos es de gran beneficio, ya que la mayoría de los catalizadores reportados son de origen químico, los cuales además de ser caros ( sobre todo los complejos metálicos ), tienen un impacto ambiental mucho mayor, lo cual nuevamente lleva a considerar a los catalizadores biológicos como la opción más viable tanto para el presente, como para el futuro cercanos.



# SECCION VIII

---

---

## Conclusiones

---

---

“Servir, tanto al ejercer la autoridad como al obedecer, es reinar”

Pedro Maus

---

## VIII- Conclusiones

---

- El hongo filamentoso *Ceratocystis fimbriata* SI contiene a la enzima lipasa tanto en las esporas como en el micelio.
- En reacciones a nivel matraz se presento mayor rendimiento en reacciones con micelio como catalizador.
- Las esporas y el micelio presentan una reducción en la actividad catalítica entre el 40-60% después de 10 horas de reacción observado en reacciones a nivel matraz.
- Mediante observaciones microscópicas, tanto para las esporas como para el micelio, al inicio de la reacción, después de 10 horas de reacción y posterior a su reuso, no se presentaron cambios morfológicos identificables con un aumento 40x y 100x.
- El rango de temperatura óptimo para llevar a cabo las reacciones de esterificación fue de 55-65 ( +/- 1°C ), probado en reacciones a nivel tubo de ensaye.
- Las familias de los butiratos y propionatos presentaron mayores porcentajes de esterificación, seguidas de los acetatos. Esto soportado por el análisis estadístico ( anexo b ) en el cual se establece que hay diferencia significativa en el efecto de longitud de cadena de ácido. El ácido butírico es menos tóxico para la enzima y la célula, seguido del ácido propiónico y por último el ácido acético.
- Hay diferencia significativa en el efecto de longitud de cadena de alcohol. De acuerdo al análisis estadístico la estructura y por consiguiente la polaridad afectan el resultado.
- Hay diferencia significativa en el efecto de las diferentes relaciones molares. La cantidad de reactantes presentes ( ácido y alcohol ) interviene en la obtención del máximo porcentaje de esterificación independientemente de que la velocidad de formación del producto no se ve afectada por estas cantidades ( reacciones de orden cero a nivel matraz ).
- Entre menos polar sea el ácido, alcohol y/o el sistema orgánico hay mayor porcentaje de esterificación, debido a que estas características permiten una mayor estabilidad de la enzima en el medio de reacción.
- Al tiempo de reacción evaluado ( 10 horas ) no se alcanzo el equilibrio en las reacciones, lo cual implica que es posible obtener rendimientos mayores.
- Hay diferencia significativa en el empleo de hexano y heptano como sistemas orgánicos. El heptano y hexano funcionan adecuadamente como sistemas orgánicos y proporcionan un ambiente catalítico óptimo debido a que sus características no polares permiten una conservación en mayor grado de la capa esencial de agua que contiene la célula y que es requerida por la enzima para realizar sus funciones. Todo esto de acuerdo al análisis estadístico y sustentado por la diferencia en los valores de log P entre ambos disolventes.

- La caracterización final de cada éster basada en su punto de ebullición, tiempo de retención, propiedades organolépticas, espectrometría de masas y espectroscopía de infrarrojo confirma de manera contundente que se trata del compuesto esperado en cada caso ( anexo d ).
- Tanto el micelio como las esporas del hongo, tienen la capacidad de sintetizar ésteres bajo condiciones de reacción definidas, favoreciendo los rendimientos de la síntesis biorgánica y trayendo como consecuencia que en un futuro puedan ser considerados para la síntesis industrial de dichos compuestos.

# SECCION IX

---

---

## Recomendaciones

---

---

“La mayoría de nosotros no podríamos hacer grandes cosas, pero podemos hacer cosas pequeñas muy bien hechas”

Anónimo

---

## IX.- Recomendaciones

---

- ◇ Llevar a cabo la síntesis de otros ésteres, con amplia aplicación industrial, tomando en cuenta las condiciones empleadas en este estudio.
  
- ◇ Extender el rango de temperatura en trabajos experimentales posteriores, tanto para la síntesis de los nuevos ésteres como de los ya estudiados. Se sugiere abarcar tantas temperaturas como lo permita el punto de ebullición del disolvente. Esto con el objetivo de poder alcanzar de manera más rápida el punto de equilibrio y de conocer la temperatura a la cual la enzima ya no es estable y comienza su proceso de desactivación, así como también conocer su comportamiento a temperaturas inferiores a la ambiente.
  
- ◇ Emplear un número mayor de sistemas orgánicos ( en base a la sección I : Fundamentación teórica, tabla 12 ). Se sugiere emplear disolventes tanto polares como no polares y soportar lo establecido en este trabajo, a menor polaridad mayor rendimiento. Tratar de abarcar disolventes que tengan amplias posibilidades de uso bajo diferentes condiciones de temperatura.
  
- ◇ Emplear micelio y esporas en mayor concentración. Con el objetivo de conocer el efecto de la concentración en el rendimiento, si es independiente de la velocidad de reacción y tratar de que al utilizar una mayor concentración de estos biocatalizadores , la obtención y rendimiento del producto sea de forma más rápida y en mayores proporciones.
  
- ◇ Emplear micelio y esporas provenientes de otros medios de cultivo. Con el objetivo de conocer si bajo otras condiciones de crecimiento se conservan o mejoran las características catalíticas de la enzima, además de la oportunidad de obtener más biomasa por otros medios de cultivo y poder reducir costos y tiempo en la obtención de los biotacatalizadores.
  
- ◇ Realizar un análisis morfológico más meticuloso tanto de las esporas como del micelio al inicio, después de culminada la reacción y en su reuso con el objetivo de constatar cambios perceptibles a los cuales se les pudiera aludir la disminución del por ciento de rendimiento ( empleo del microscopio electrónico ).
  
- ◇ Llevar a cabo la obtención y purificación de la enzima. Siempre y cuando se cuente con los elementos necesarios para asegurar el éxito de la purificación. Comparar los rendimientos obtenidos con las enzimas en forma libre e inmovilizada con los proporcionados en este trabajo correspondientes a esporas y micelio y conocer si realmente le favorece a la enzima permanecer dentro de la célula y que tan rentable es llevar a cabo un proceso de purificación.

# SECCION X

---

---

## Anexos

---

---

“Por encima del poder terreno, nuestra inteligencia es el único amo que nos deja en libertad”

Santos Vergara Badillo

# SECCION X.I

---

---

## Anexo a: Porcentaje de esterificación por valor ácido

---

---

“Una vida inútil es una muerte prematura”

Johann Wolfgang Goethe

## X.I.- Anexo a: Porcentaje de esterificación por valor ácido

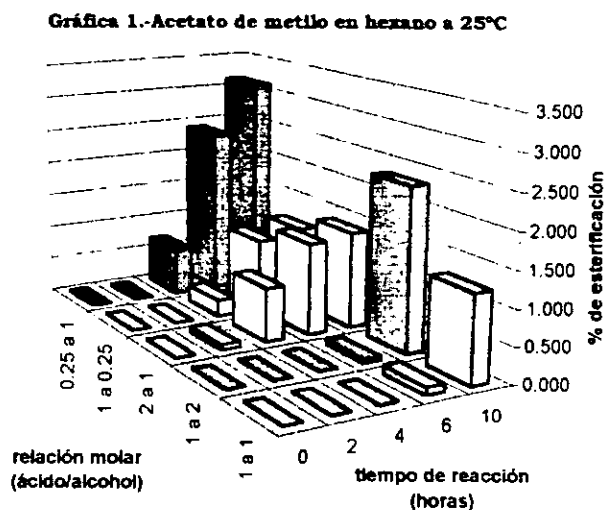
A todos los resultados presentados en este anexo se les ha restado el rendimiento obtenido en un blanco bajo las mismas condiciones.

Todos los resultados fueron obtenidos por el método de valor ácido. Los valores de temperatura tienen un error del  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

### 1.- Efecto del tiempo de reacción/relación molar/sistema orgánico empleando esporas como biocatalizador

En esta sección y en los resultados cada valor representa el promedio del porcentaje obtenido en cada condición (realizado por duplicado). Para ver cada valor por separado, referirse al anexo b.

r.molar ac./al.	tiempo de reacción (horas)				
	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.099	0.099	
1 a 2	0.000	0.000	0.000	0.062	
2 a .	0.000	0.000	0.068		
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	
0.25 a 1	0.000	0.000	2.051	2.778	

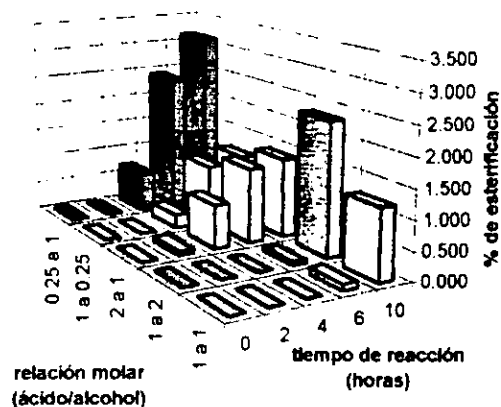




**Tabla 2.-Acetato de metilo en heptano a 25°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0	0.111	1.222
1 a 2	0.000	0.000	0	0.049	2.322
2 a 1	0.000	0.072	0.762	1.307	1.379
1 a 0.25	0.000	0.000	0.235	1.038	1.136
0.25 a 1	0.000	0.000	0.678	2.405	3.133

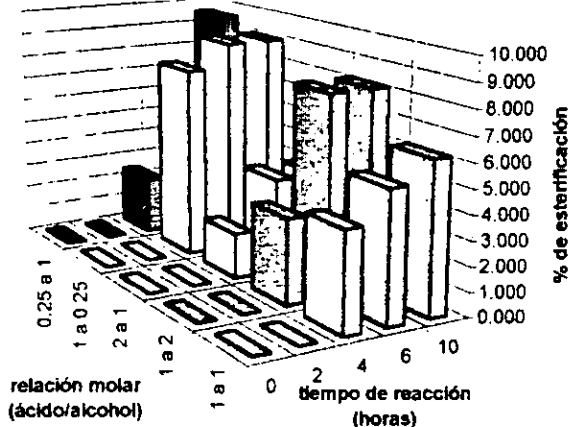
**Gráfica 2.-Acetato de metilo en heptano a 25°C**



**Tabla 3.-Acetato de metilo en hexano a 35°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	4.072	5.322	6.177
1 a 2	0.000	0.000	3.488	8.140	8.140
2 a 1	0.000	0.000	1.864	3.874	3.874
1 a 0.25	0.000	0.000	7.955	8.983	8.983
0.25 a 1	0.000	0.000	2.381	6.892	9.524

**Gráfica 3.-Acetato de metilo en hexano a 35°C**



**Tabla 4.-Acetato de metilo en heptano a 35°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.051	7.573	8.684
1 a 2	0.000	0.000	5.734	6.856	6.856
2 a 1	0.000	0.670	0.675	4.818	4.818
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25 a 1	0.000	0.226	5.714	8.571	8.797

**Gráfica 4.-Acetato de metilo en heptano a 35°C**

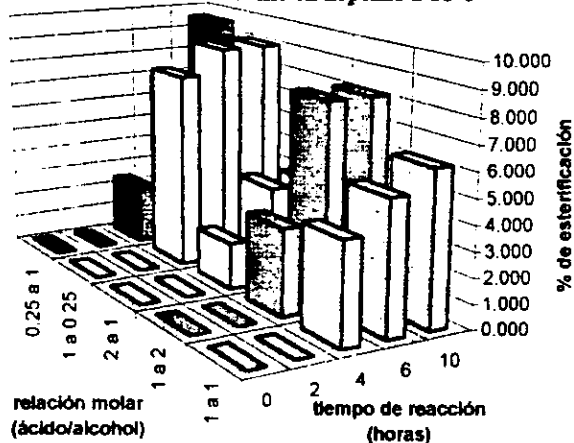


Tabla 5.-Acetato de metilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	11.772	12.970	13.984	14.070
1 a 2	0.000	0.000	8.581	15.912	15.912
2 a 1	0.000	0.000	0.574	6.016	6.016
1 a 0.25	0.000	0.000	2.352	12.831	15.156
0.25 a 1	0.000	8.500	9.643	14.283	17.500

Gráfica 5.-Acetato de metilo en hexano a 45°C

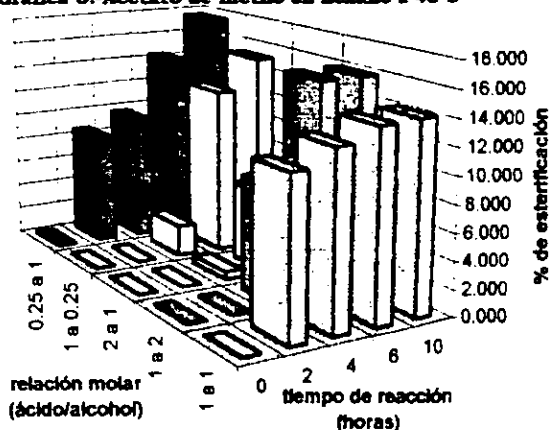


Tabla 6.-Acetato de metilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	9.841	11.989	11.989
1 a 2	0.000	0.000	11.158	13.363	13.363
2 a 1	0.000	0.000	1.250	6.692	6.692
1 a 0.25	0.000	4.255	12.595	13.573	13.573
0.25 a 1	0.000	7.954	10.811	18.919	18.919

Gráfica 6.-Acetato de metilo en heptano a 45°C

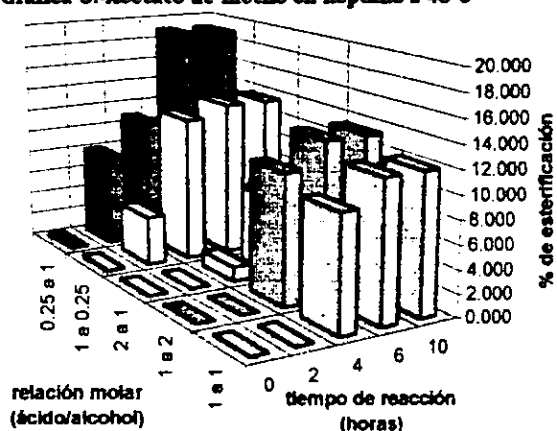
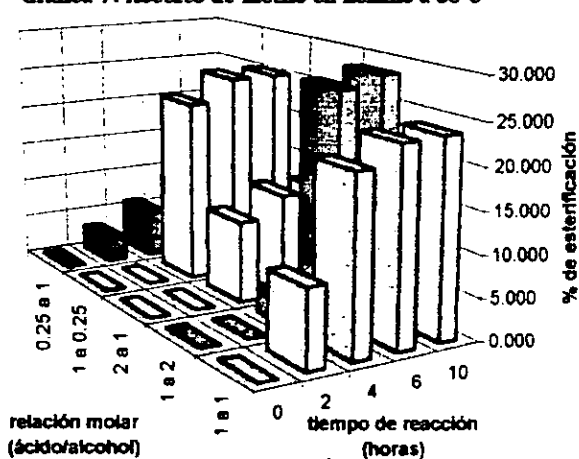


Tabla 7.-Acetato de metilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	9.303	21.013	23.420	23.635
1 a 2	0.000	0.000	3.131	27.314	28.432
2 a 1	0.000	0.000	9.898	12.512	12.512
1 a 0.25	0.000	0.000	22.435	25.055	25.055
0.25 a 1	0.000	2.980	5.821	8.663	14.207

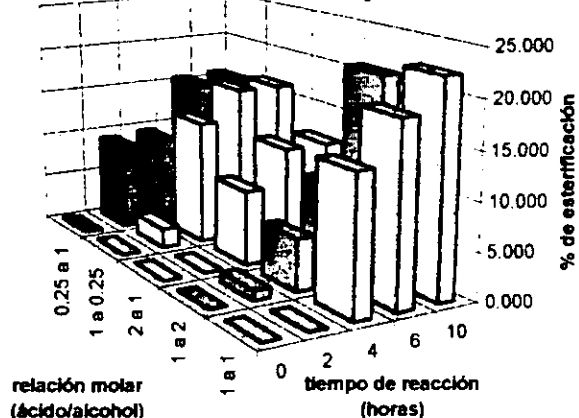
Gráfica 7.-Acetato de metilo en hexano a 55°C



**Tabla 8 - Acetato de metilo en heptano a 55°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.057	14.457	18.910	22.321
1 a 2	0.000	1.034	5.441	9.808	20.881
2 a 1	0.000	0.000	7.911	11.849	11.849
1 a 0.25	0.000	2.146	13.283	16.465	16.465
0.25 a 1	0.000	9.158	9.451	15.458	15.751

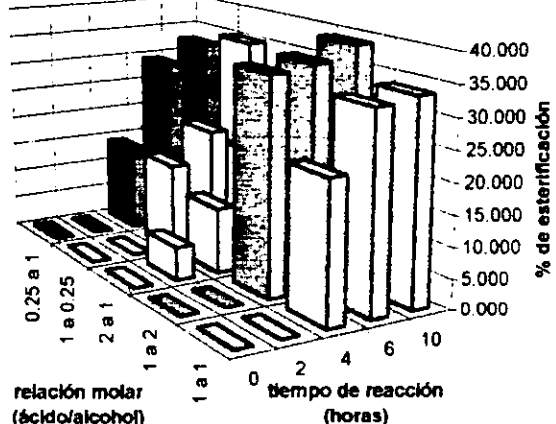
**Gráfica 8.-Acetato de metilo en heptano a 55°C**



**Tabla 9.-Acetato de metilo en hexano a 65°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	23.105	32.501	33.445
1 a 2	0.000	0.000	35.638	36.603	38.956
2 a 1	0.000	5.442	10.884	19.048	19.728
1 a 0.25	0.000	0.000	14.596	19.824	34.938
0.25 a 1	0.000	0.000	14.216	29.345	32.474

**Gráfica 9.-Acetato de metilo en hexano a 65°C**



**Tabla 10.-Acetato de metilo en heptano a 65°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	10.112	19.101	32.584	34.831
1 a 2	0.000	8.547	31.495	36.343	36.400
2 a 1	0.000	3.675	8.826	19.816	20.653
1 a 0.25	0.000	0.000	11.248	30.706	34.113
0.25 a 1	0.000	3.025	23.613	32.521	35.630

**Gráfica 10.-Acetato de metilo en heptano a 65°C**

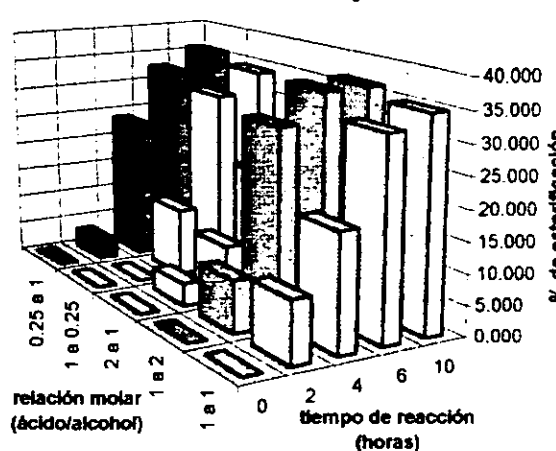


Tabla 11.-Acetato de etilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.052	1.691
1 a 2	0.000	0.045	3.030	3.075	3.075
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.825
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	1.851
0.25 a 1	0.000	3.125	3.125	3.125	3.125

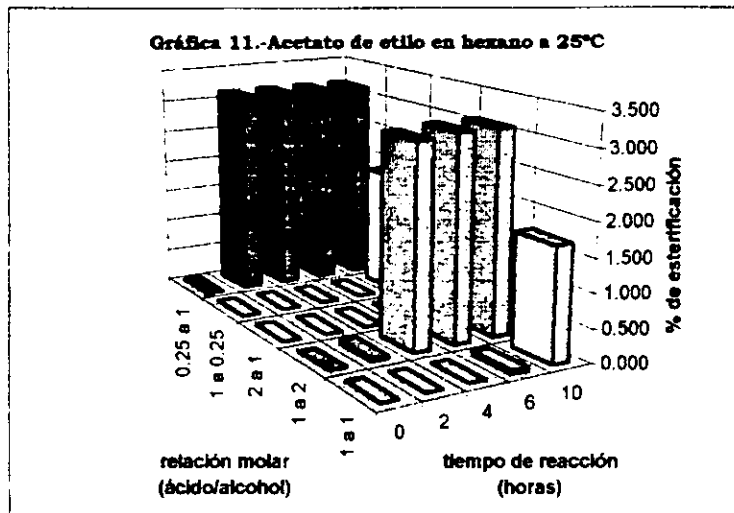


Tabla 12.-Acetato de etilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.667	1.667	3.143	3.413
1 a 2	0.000	0.000	1.493	1.514	1.514
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.840	0.840
1 a 0.25	0.000	0.000	0.038	1.961	1.998
0.25 a 1	0.000	0.000	3.030	3.030	3.030

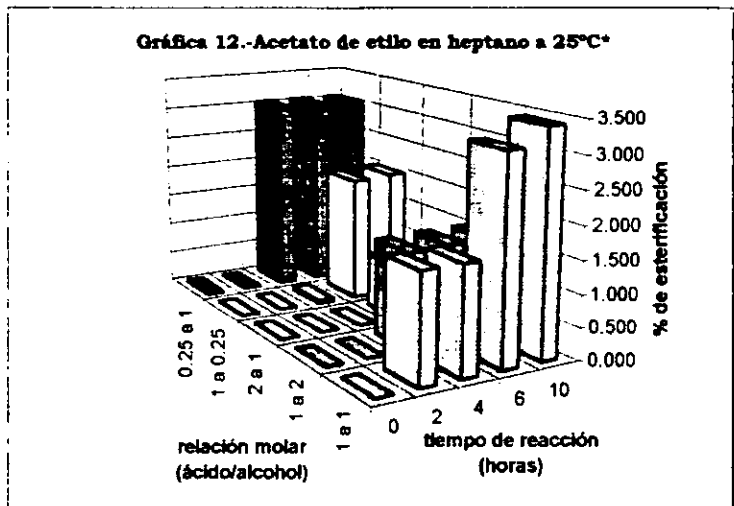


Tabla 13.-Acetato de etilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	4.688	6.250	7.813
1 a 2	0.000	2.985	5.970	7.371	7.417
2 a 1	0.000	3.361	7.563	7.570	7.570
1 a 0.25	0.000	6.000	7.959	7.959	7.959
0.25 a 1	0.000	0.226	0.369	3.226	3.594

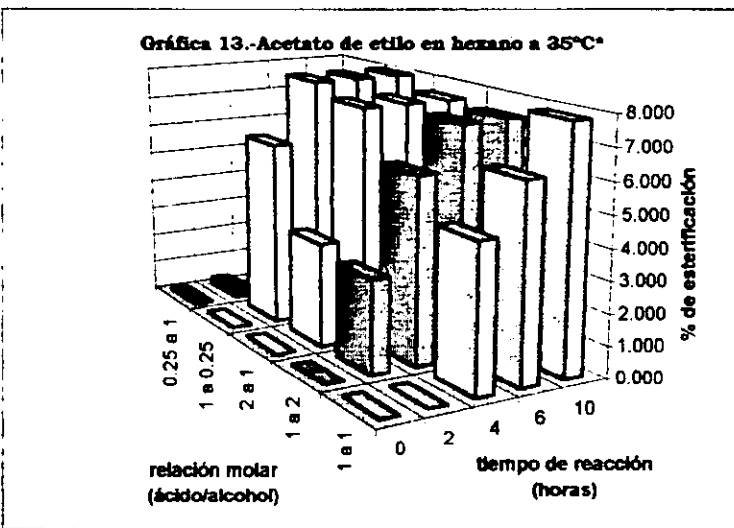


Tabla 14.-Acetato de etilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.279	1.716	3.356	8.274
1 a 2	0.000	4.348	4.797	5.619	5.619
2 a 1	0.000	1.709	2.564	3.440	4.316
1 a 0.25	0.000	1.959	2.000	7.959	9.959
0.25 a 1	0.000	0.000	0.084	3.025	3.025

Gráfica 14.-Acetato de etilo en heptano a 35°C\*

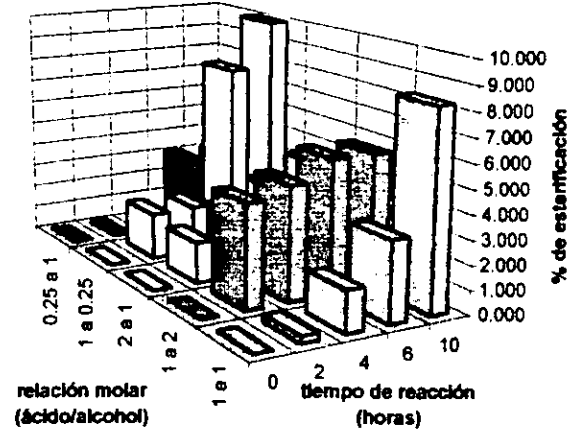


Tabla 15.-Acetato de etilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	7.469	11.935
1 a 2	0.000	0.000	0.000	5.550	6.370
2 a 1	0.000	0.840	6.693	6.693	7.417
1 a 0.25	0.000	0.000	5.407	8.963	16.222
0.25 a 1	0.000	0.000	8.571	10.952	10.952

Gráfica 15.-Acetato de etilo en hexano a 45°C\*

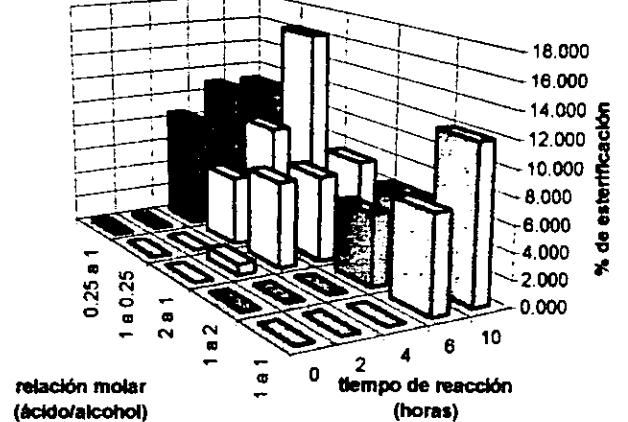


Tabla 16.-Acetato de etilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	3.495	8.495	13.602
1 a 2	0.000	0.000	4.568	7.757	7.757
2 a 1	0.000	0.813	1.569	3.895	6.221
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	12.000	18.000
0.25 a 1	0.000	6.250	7.625	8.292	8.750

Gráfica 16.-Acetato de etilo en heptano a 45°C\*

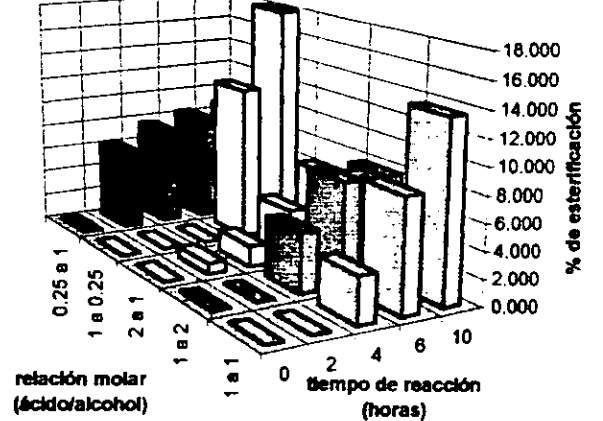


Tabla 17.-Acetato de etilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.586	4.786	17.663	20.809
1 a 2	0.000	0.000	6.789	15.744	22.991
2 a 1	0.000	0.000	5.000	6.667	11.667
1 a 0.25	0.000	0.000	14.488	21.786	23.420
0.25 a 1	0.000	0.000	2.614	10.784	19.118

Gráfica 17.-Acetato de etilo en hexano a 55°C\*

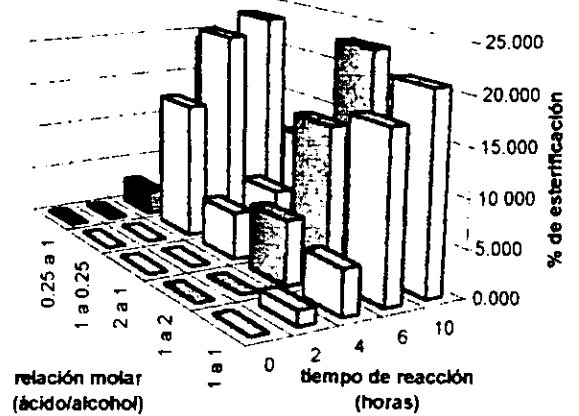


Tabla 18.-Acetato de etilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	16.721	19.395	19.395
1 a 2	0.000	0.000	2.767	5.599	8.498
2 a 1	0.000	0.000	8.333	12.500	12.500
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	21.569	21.569
0.25 a 1	0.000	5.630	7.345	8.403	19.832

Gráfica 18.-Acetato de etilo en heptano a 55°C\*

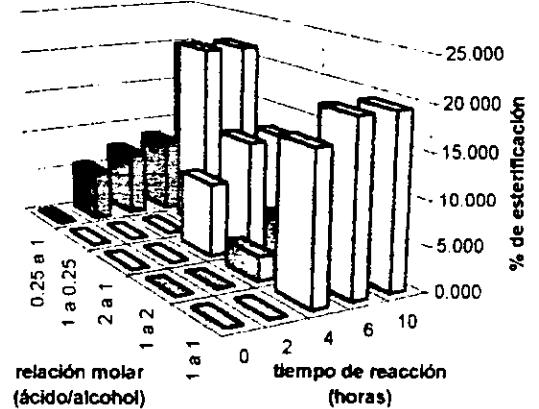


Tabla 19.-Acetato de etilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.002	28.933	33.548	33.548
1 a 2	0.000	1.402	20.875	26.172	27.412
2 a 1	0.000	2.479	14.647	18.967	18.967
1 a 0.25	0.000	14.545	23.636	36.364	40.000
0.25 a 1	0.000	8.345	25.000	33.333	33.333

Gráfica 19.-Acetato de etilo en hexano a 65°C\*

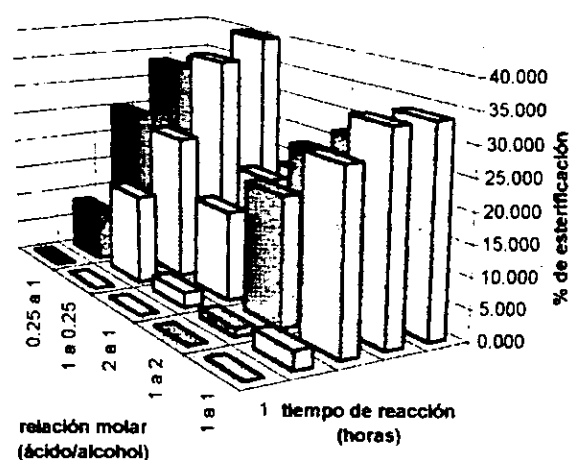


Tabla 20 -Acetato de etilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	10.252	12.192	30.837	37.862
1 a 2	0.000	7.692	9.369	23.398	31.183
2 a 1	0.000	0.000	2.500	15.000	21.667
1 a 0.25	0.000	0.000	7.576	31.650	35.421
0.25 a 1	0.000	9.091	9.596	31.818	31.818

Gráfica 20.-Acetato de etilo en heptano a 65°C\*

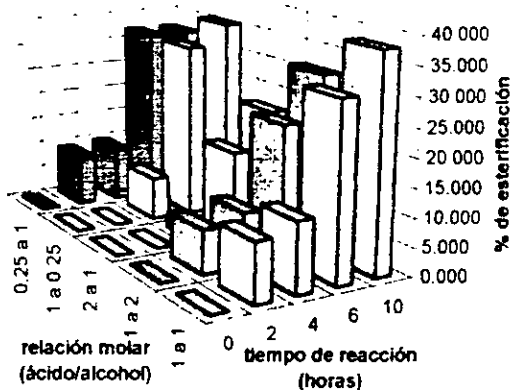


Tabla 21.-Acetato de n-propilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.032	0.032	1.314
1 a 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2 a 1	0.000	1.257	1.257	1.257	1.257
1 a 0.25	0.000	0.000	2.899	4.348	4.348
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	3.333

Gráfica 21.-Acetato de n-propilo en hexano a 25°C\*

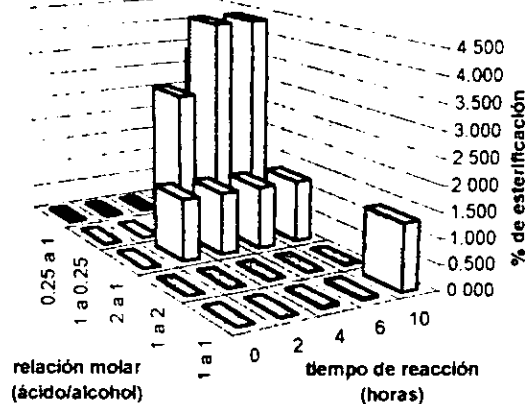


Tabla 22 -Acetato de n-propilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.032	1.314	1.314	1.314
1 a 2	0.000	0.000	0.000	0.095	1.524
2 a 1	0.000	0.000	0.616	0.628	0.628
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	2.985	2.985
0.25 a 1	0.000	0.000	0.196	3.226	3.226

Gráfica 22.-Acetato de n-propilo en heptano a 25°C\*

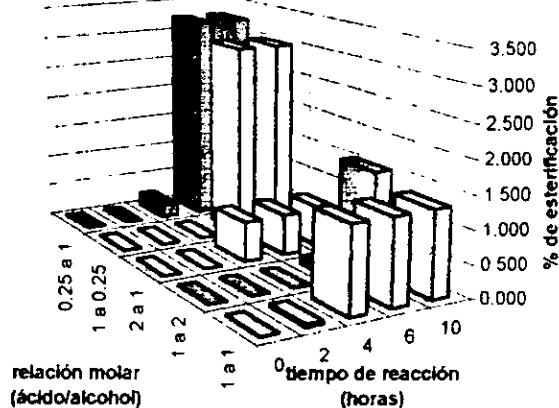


Tabla 23.-Acetato de n-propilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.029	4.485	4.485
1 a 2	0.000	5.556	8.389	9.778	9.778
2 a 1	0.000	2.476	3.101	3.076	3.076
1 a 0.25	0.000	4.478	5.448	7.019	7.655
0.25 a 1	0.000	0.000	0.285	3.510	6.736

Gráfica 23.-Acetato de n-propilo en hexano a 35°C\*

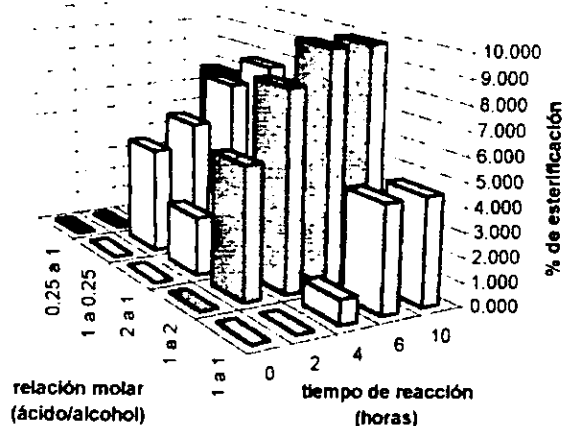


Tabla 24.-Acetato de n-propilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.346	2.628	6.506
1 a 2	0.000	0.000	0.075	2.892	9.934
2 a 1	0.000	0.000	1.915	3.188	4.471
1 a 0.25	0.000	2.985	2.985	4.542	7.655
0.25 a 1	0.000	0.000	2.941	2.941	5.882

Gráfica 24.-Acetato de n-propilo en heptano a 35°C\*

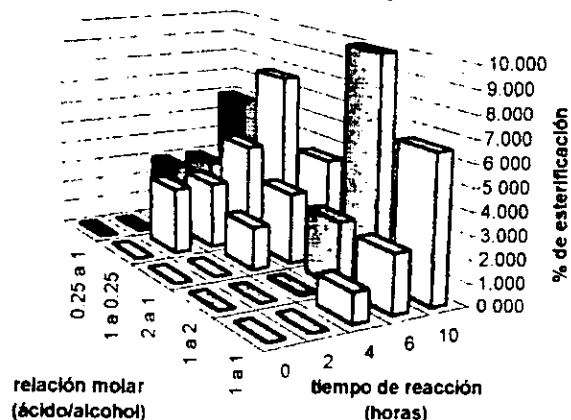


Tabla 25.-Acetato de n-propilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.266	7.595	11.392	13.924
1 a 2	0.000	0.000	5.714	8.726	16.023
2 a 1	0.000	0.000	5.161	7.742	7.742
1 a 0.25	0.000	3.077	6.130	12.957	13.702
0.25 a 1	0.000	3.226	6.452	13.004	16.230

Gráfica 25.-Acetato de n-propilo en hexano a 45°C\*

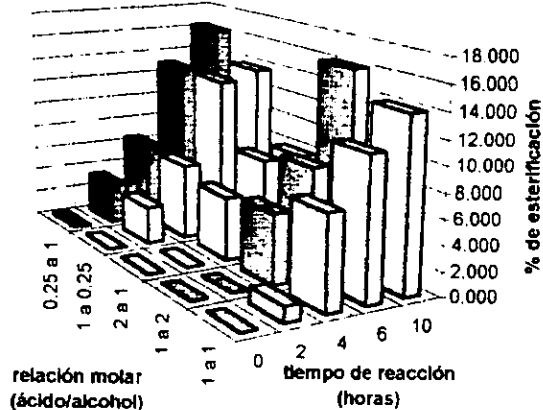




Tabla 26.-Acetato de n-propilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.266	13.924	13.924	13.924
1 a 2	0.000	1.408	1.408	4.340	15.721
2 a 1	0.000	0.000	5.908	9.912	9.912
1 a 0.25	0.000	4.412	9.143	11.305	12.684
0.25 a 1	0.000	3.333	16.667	16.875	16.875

Gráfica 26.-Acetato de n-propilo en heptano a 45°C

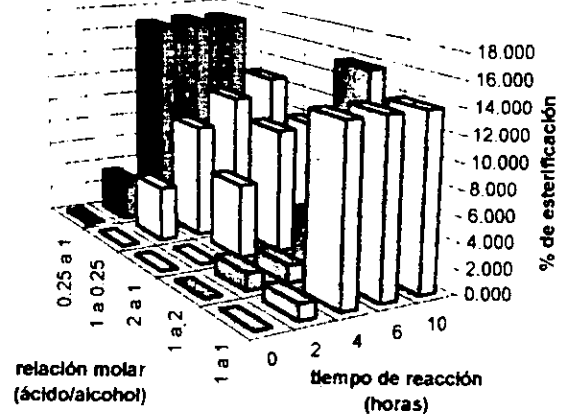


Tabla 27.-Acetato de n-propilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	6.581	21.461	23.961
1 a 2	0.000	0.000	12.751	21.352	25.728
2 a 1	0.000	0.671	5.165	9.124	10.467
1 a 0.25	0.000	2.672	5.571	19.837	27.083
0.25 a 1	0.000	6.050	6.134	9.076	17.899

Gráfica 27.-Acetato de n-propilo en hexano a 55°C

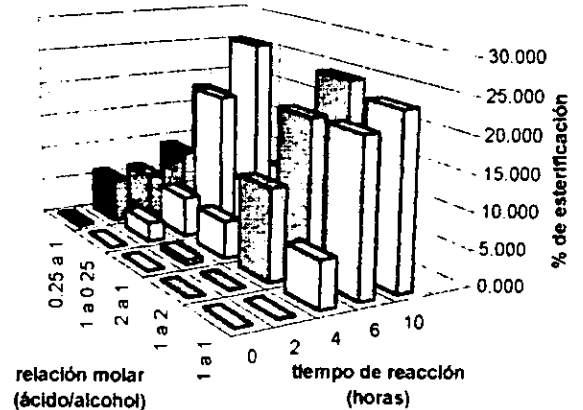


Tabla 28.-Acetato de n-propilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	5.417	14.750	18.917	24.417
1 a 2	0.000	9.477	10.829	23.027	24.414
2 a 1	0.000	0.000	14.689	41.419	44.187
1 a 0.25	0.000	0.000	2.589	23.750	26.606
0.25 a 1	0.000	0.000	3.193	14.958	17.899

Gráfica 28.-Acetato de n-propilo en heptano a 55°C

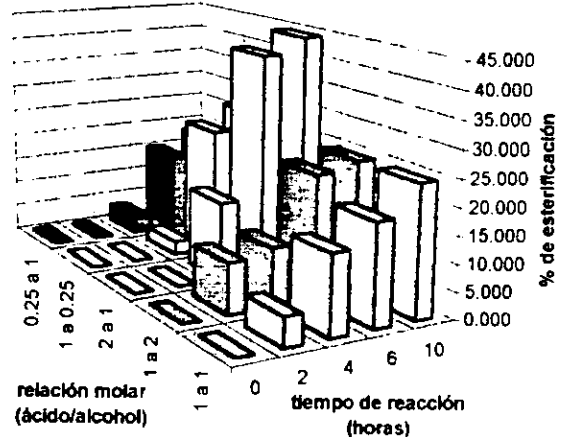


Tabla 29.-Acetato de n-propilo en hexano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.315	18.232	36.464	37.729
1 a 2	0.000	1.389	4.167	27.778	40.278
2 a 1	0.000	0.000	11.929	15.916	19.894
1 a 0.25	0.000	5.714	21.429	35.714	41.429
0.25 a 1	0.000	3.493	16.630	25.551	34.926

Gráfica 29.-Acetato de n-propilo en hexano a 65°C

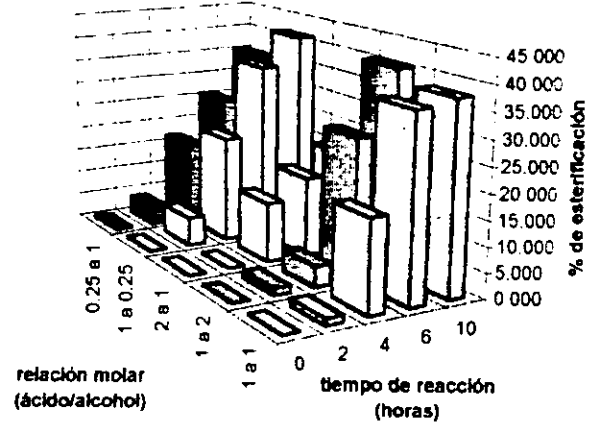


Tabla 30.-Acetato de n-propilo en heptano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.564	10.256	33.333	35.897
1 a 2	0.000	5.754	7.222	34.444	40.238
2 a 1	0.000	0.000	13.449	17.516	19.543
1 a 0.25	0.000	2.985	3.049	36.077	43.603
0.25 a 1	0.000	3.209	21.569	30.570	33.601

Gráfica 30.-Acetato de n-propilo en heptano a 65°C

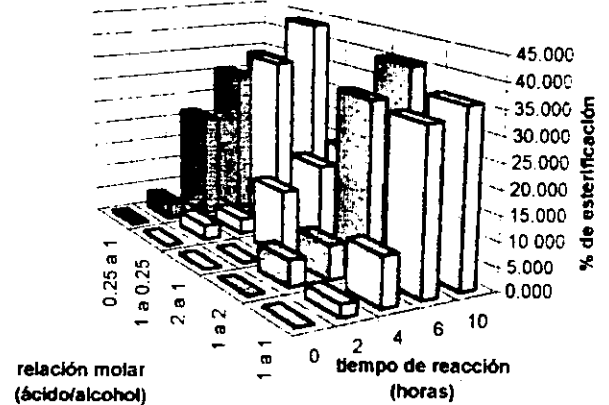


Tabla 31.-Acetato de isopropilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.538	1.606	1.606
1 a 2	0.000	1.923	1.923	3.846	3.846
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.746
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	1.753
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfica 31.-Acetato de isopropilo en hexano a 25°C

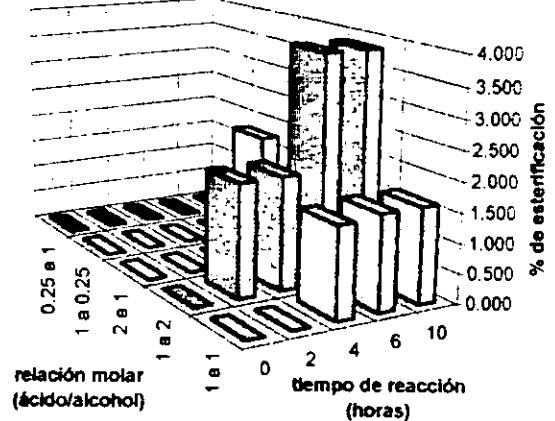


Tabla 32 -Acetato de isopropilo en heptano a 25°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.493	1.514	2.985
1 a 2	0.000	0.000	1.961	3.922	3.922
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.769	0.792
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfica 32.-Acetato de isopropilo en heptano a 25°C

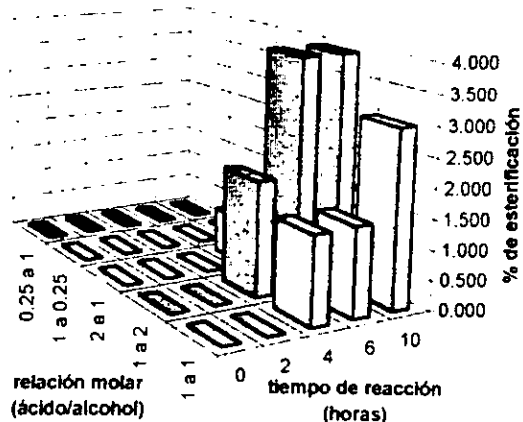


Tabla 33 -Acetato de isopropilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.538	3.077	7.716
1 a 2	0.000	7.407	9.259	11.111	11.111
2 a 1	0.000	0.000	0.780	1.537	3.810
1 a 0.25	0.000	1.786	3.662	9.019	9.019
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.108	0.108

Gráfica 33.-Acetato de isopropilo en hexano a 35°C

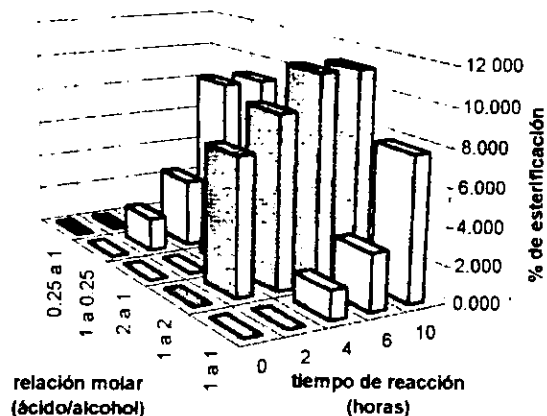


Tabla 34 -Acetato de isopropilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.023	7.692	7.716	7.716
1 a 2	0.000	0.000	6.000	10.000	12.000
2 a 1	0.000	0.000	2.228	2.968	3.709
1 a 0.25	0.000	1.754	3.568	5.323	8.831
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108

Gráfica 34.-Acetato de isopropilo en heptano a 35°C

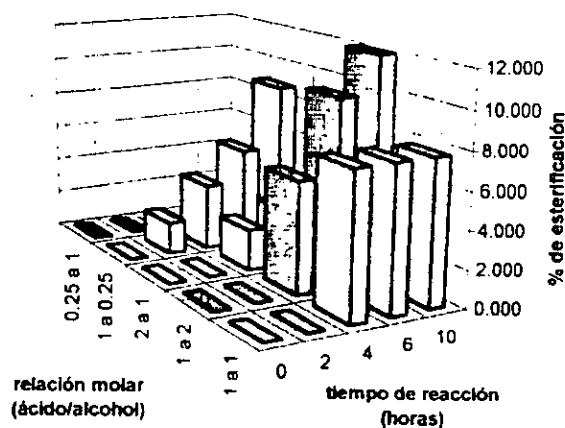


Tabla 35.-Acetato de isopropilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.261	11.261
1 a 2	0.000	0.000	8.340	12.453	12.566
2 a 1	0.000	0.758	2.323	1.599	5.387
1 a 0.25	0.000	5.622	6.458	7.738	9.656
0.25 a 1	0.000	0.000	2.738	2.976	7.976

Gráfica 35.-Acetato de isopropilo en hexano a 45°C

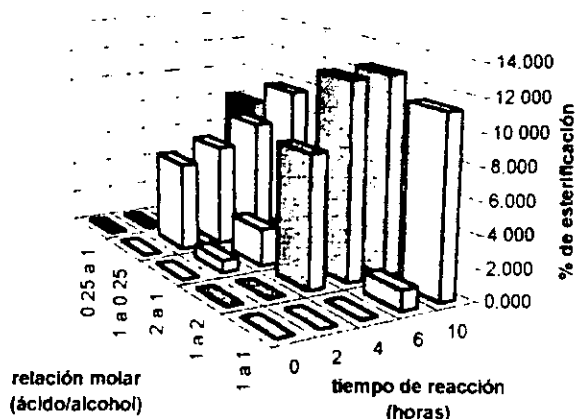


Tabla 36.-Acetato de isopropilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	4.887	9.502	12.579
1 a 2	0.000	5.180	7.067	9.091	12.384
2 a 1	0.000	2.143	3.492	4.153	4.868
1 a 0.25	0.000	0.000	3.988	4.865	8.251
0.25 a 1	0.000	3.297	5.495	7.891	8.425

Gráfica 36.-Acetato de isopropilo en heptano a 45°C

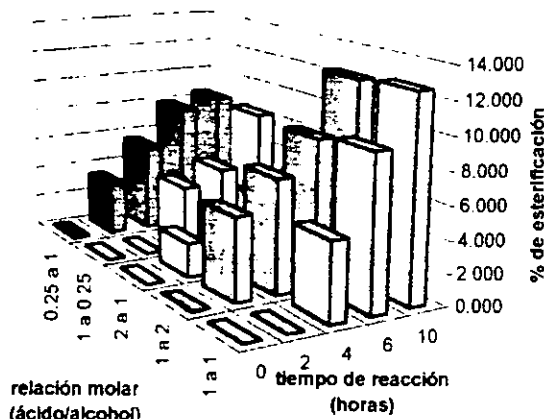


Tabla 37.-Acetato de isopropilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.087	10.534	19.576	21.069
1 a 2	0.000	4.000	8.148	24.148	26.593
2 a 1	0.000	0.000	2.864	4.335	7.265
1 a 0.25	0.000	5.622	16.865	20.569	26.190
0.25 a 1	0.000	0.000	0.064	5.256	18.077

Gráfica 37.-Acetato de isopropilo en hexano a 55°C

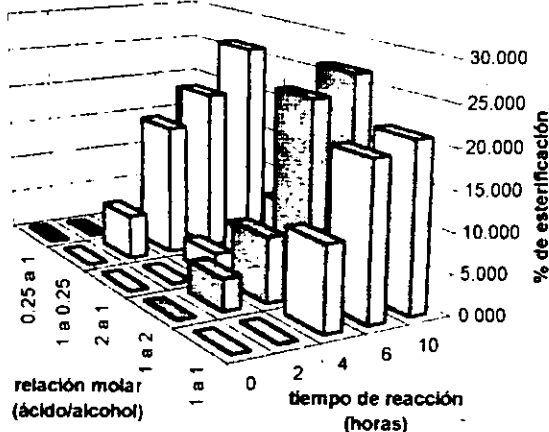


Tabla 38.-Acetato de isopropilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.816	4.203	4.244	19.917
1 a 2	0.000	0.000	7.582	22.676	24.668
2 a 1	0.000	2.729	4.776	8.316	8.316
1 a 0.25	0.000	12.440	22.062	23.675	23.675
0.25 a 1	0.000	9.091	9.136	10.909	15.455

Gráfica 38.-Acetato de isopropilo en heptano a 55°C

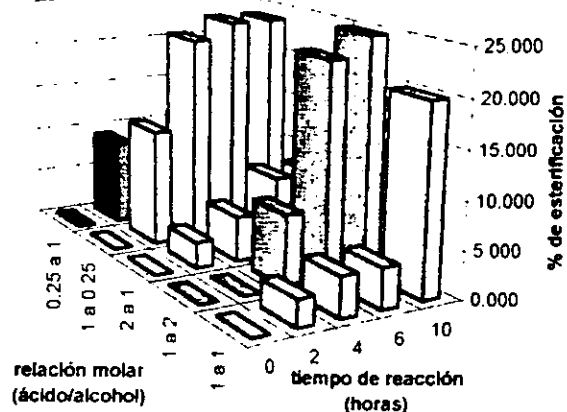
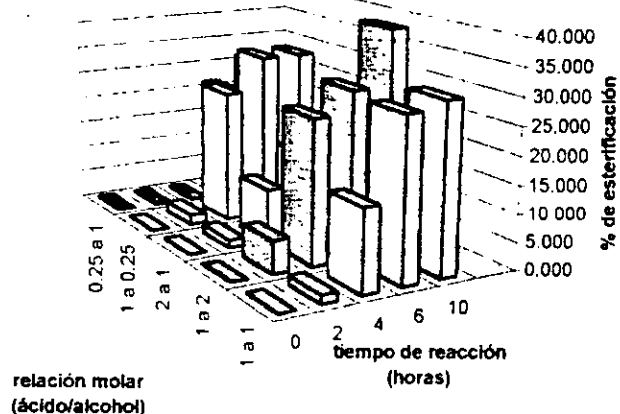


Tabla 39.-Acetato de isopropilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.515	14.871	28.991	30.484
1 a 2	0.000	5.882	25.934	29.856	39.734
2 a 1	0.000	1.487	9.735	14.992	14.992
1 a 0.25	0.000	1.852	24.140	30.225	30.225
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	21.254	26.016

Gráfica 39.-Acetato de isopropilo en hexano a 65°C



Gráfica 40.-Acetato de isopropilo en heptano a 65°C

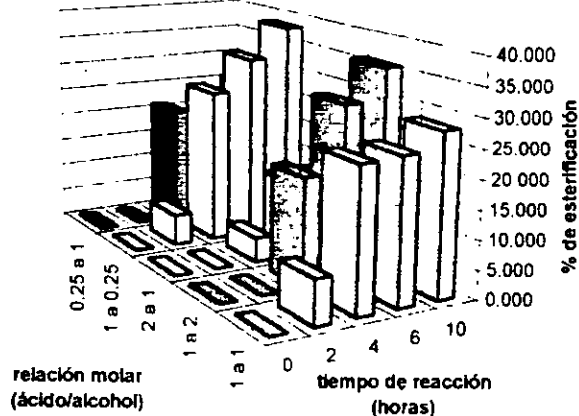


Tabla 41 -Acetato de n-butilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.613	1.613	3.226	3.226
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.630	1.630
2 a 1	0.000	0.862	1.724	1.724	1.724
1 a 0.25	0.000	0.083	0.083	0.083	2.167
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.778	2.778

Gráfica 41.-Acetato de n-butilo en hexano a 25°C

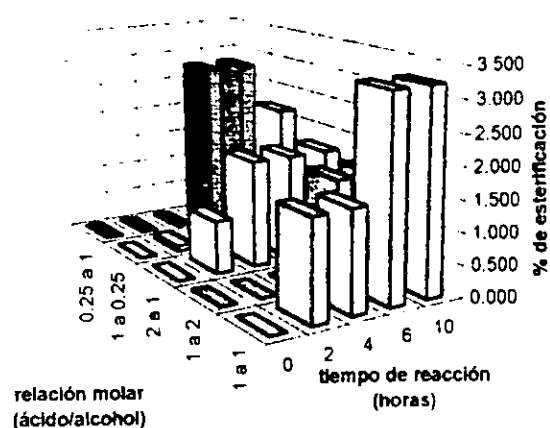


Tabla 42 -Acetato de n-butilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.691	1.691
2 a 1	0.000	0.000	0.870	0.870	0.870
1 a 0.25	0.000	0.041	0.041	2.082	4.122
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfica 42.-Acetato de n-butilo en heptano a 25°C

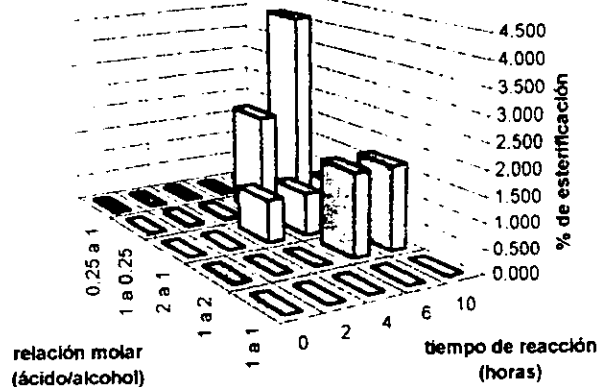


Tabla 43 -Acetato de n-butilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.515	2.933	4.448	7.478
1 a 2	0.000	1.695	6.780	8.475	8.475
2 a 1	0.000	0.000	0.833	1.667	1.667
1 a 0.25	0.000	0.000	8.889	11.111	11.293
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfica 43.-Acetato de n-butilo en hexano a 35°C

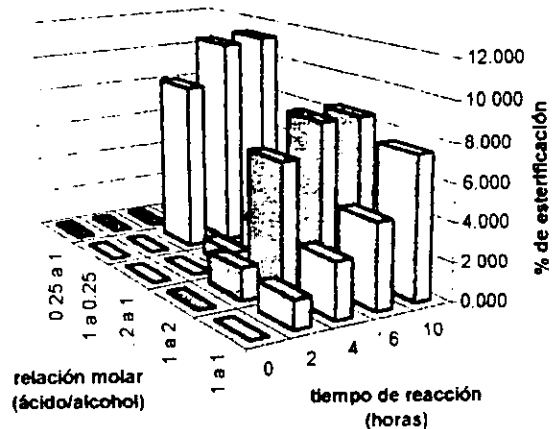


Tabla 44 -Acetato de n-butilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.077	6.079	7.618	7.618
1 a 2	0.000	0.000	5.172	6.897	8.527
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.175	1.930
1 a 0.25	0.000	0.000	9.959	10.000	10.000
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.154	0.154

Gráfica 44.-Acetato de n-butilo en heptano a 35°C

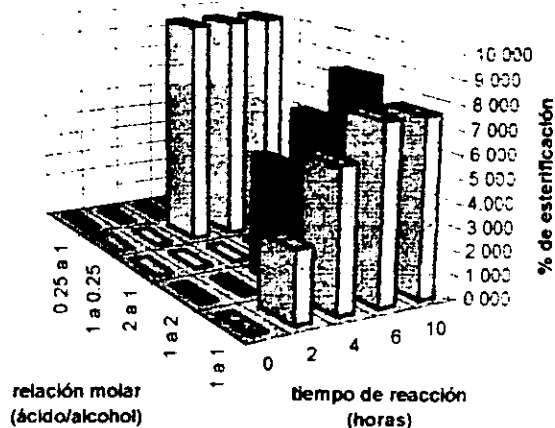


Tabla 45.-Acetato de n-butilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	13.115	14.754	16.393
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.597	11.213
2 a 1	0.000	0.862	4.150	4.258	4.258
1 a 0.25	0.000	9.070	13.515	18.141	20.363
0.25 a 1	0.000	2.857	6.178	11.737	14.595

Gráfica 45.-Acetato de n-butilo en hexano a 45°C

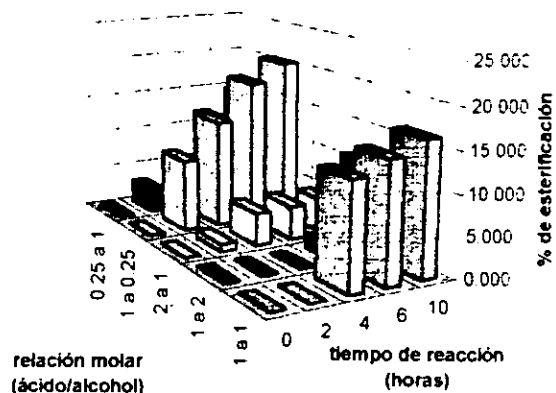


Tabla 46 -Acetato de n-butilo en heptano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.438	9.029	13.644	15.183
1 a 2	0.000	0.826	5.085	5.085	8.475
2 a 1	0.000	0.826	3.176	4.743	4.743
1 a 0.25	0.000	1.805	17.19	18.995	38.226
0.25 a 1	0.000	1.235	2.703	10.811	13.514

Gráfica 46.-Acetato de n-butilo en heptano a 45°C

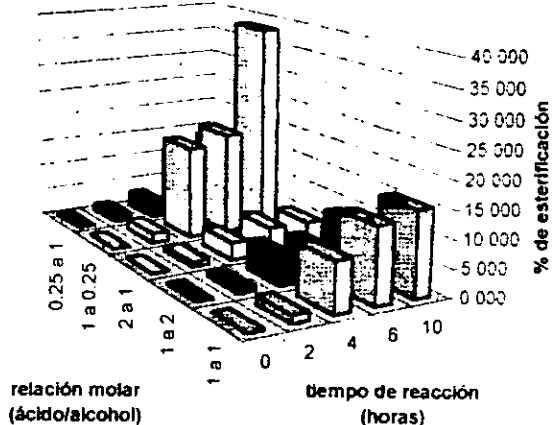


Tabla 47 -Acetato de n-butilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.711	21.163	22.972	22.972
1 a 2	0.000	0.000	16.555	22.010	25.710
2 a 1	0.000	0.000	9.372	11.906	11.906
1 a 0.25	0.000	0.000	17.617	23.617	27.489
0.25 a 1	0.000	2.500	5.000	7.372	19.872

Gráfica 47.-Acetato de n-butilo en hexano a 55°C

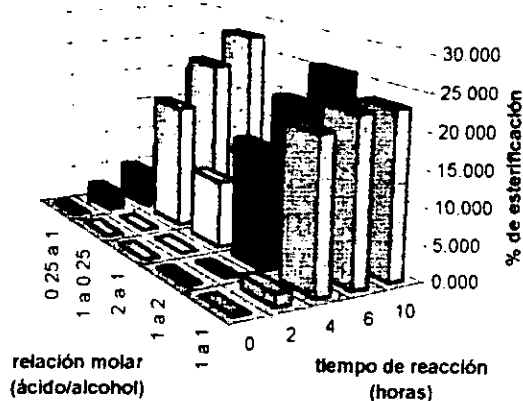


Tabla 48 -Acetato de n-butilo en heptano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.818	6.970	18.636	23.939
1 a 2	0.000	0.000	22.323	25.741	25.741
2 a 1	0.000	0.000	0.000	7.475	12.488
1 a 0.25	0.000	0.000	18.107	22.188	26.183
0.25 a 1	0.000	2.941	9.578	11.765	21.342

Gráfica 48.-Acetato de n-butilo en heptano a 55°C

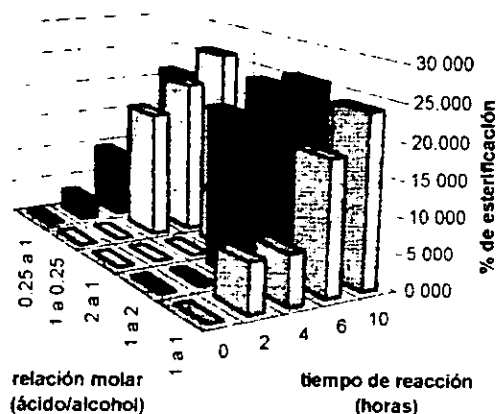


Tabla 49 -Acetato de n-butilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.092	0.367	14.397	23.628
1 a 2	0.000	16.542	20.179	22.891	39.255
2 a 1	0.000	0.000	0.000	9.656	12.333
1 a 0.25	0.000	0.000	33.000	40.509	42.030
0.25 a 1	0.000	5.714	11.722	18.315	30.037

Gráfica 49.-Acetato de n-butilo en hexano a 65°C

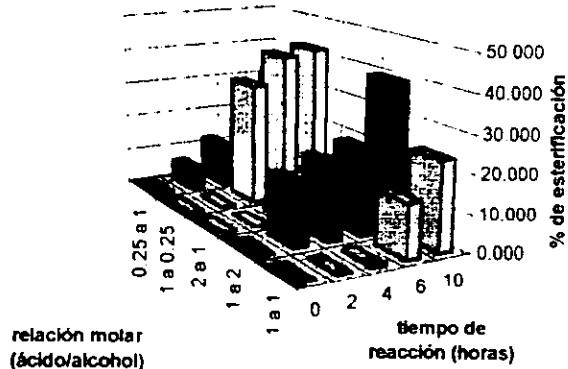




Tabla 50.-Acetato de n-butilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	14.348	25.638
1 a 2	0.000	0.000	14.432	31.235	38.378
2 a 1	0.000	0.000	0.000	10.359	12.138
1 a 0.25	0.000	0.000	19.750	21.832	41.536
0.25 a 1	0.000	13.514	21.760	22.176	25.017

Gráfica 50.-Acetato de n-butilo en heptano a 65°C

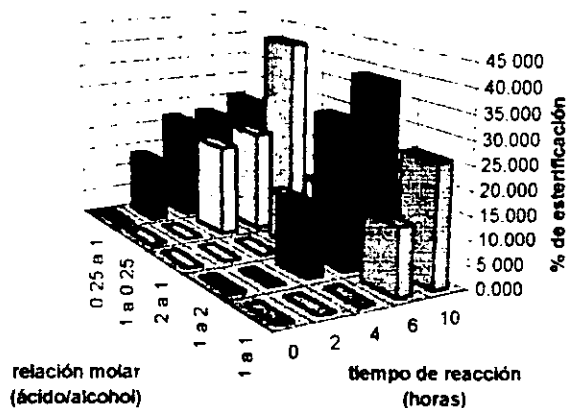


Tabla 51.-Acetato de bencilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	2.703
1 a 2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.449
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 0.25	0.000	1.639	1.639	1.639	1.666
0.25 a 1	0.000	0.000	3.448	7.020	7.143

Gráfica 51.-Acetato de bencilo en hexano a 25°C

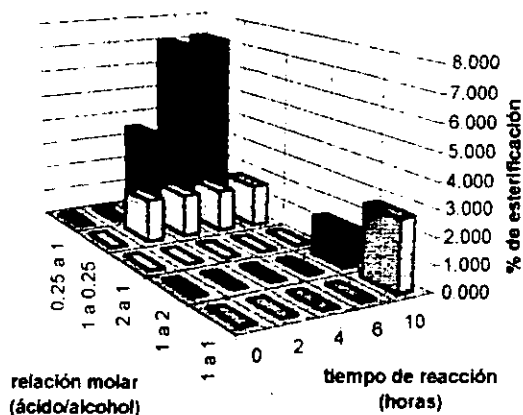


Tabla 52.-Acetato de bencilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.408	1.408	2.817
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.471	1.492
2 a 1	0.000	0.000	0.005	0.005	0.714
1 a 0.25	0.000	0.000	1.587	3.175	3.175
0.25 a 1	0.000	3.448	6.573	6.573	6.573

Gráfica 52.-Acetato de bencilo en heptano a 25°C

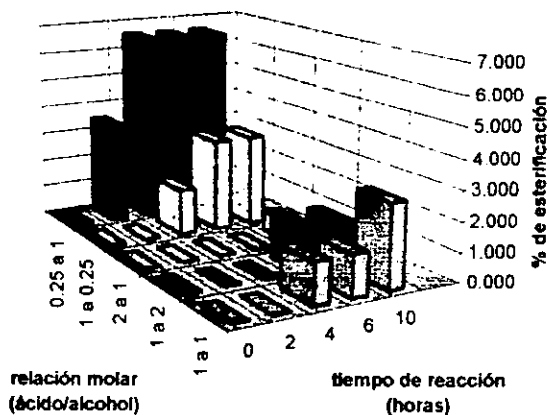


Tabla 53.-Acetato de bencilo en hexano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0,000	2,667	6,667	6,762	7,905
1 a 2	0,000	2,899	4,282	4,282	8,63
2 a 1	0,000	2,143	2,862	2,867	4,296
1 a 0,25	0,000	4,762	6,349	9,524	9,524
0,25 a 1	0,000	3,571	7,143	7,143	7,246

Gráfica 53.-Acetato de bencilo en hexano a 35°C

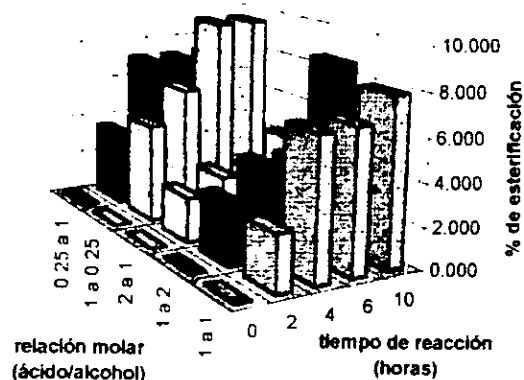


Tabla 54.-Acetato de bencilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0,000	0,000	5,538	6,849	8,160
1 a 2	0,000	0,000	0,000	4,282	8,630
2 a 1	0,000	0,000	2,429	2,719	3,409
1 a 0,25	0,000	1,613	3,226	6,452	9,703
0,25 a 1	0,000	0,000	3,226	3,226	3,226

Gráfica 54.-Acetato de bencilo en heptano a 35°C

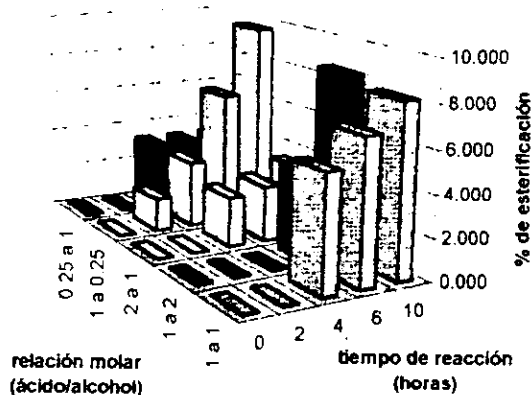


Tabla 55.-Acetato de bencilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0,000	0,000	0,000	3,042	14,310
1 a 2	0,000	1,449	7,068	8,428	11,148
2 a 1	0,000	0,714	2,827	4,959	6,377
1 a 0,25	0,000	0,000	9,207	12,260	12,260
0,25 a 1	0,000	0,000	0,000	2,748	11,947

Gráfica 55.-Acetato de bencilo en hexano a 45°C

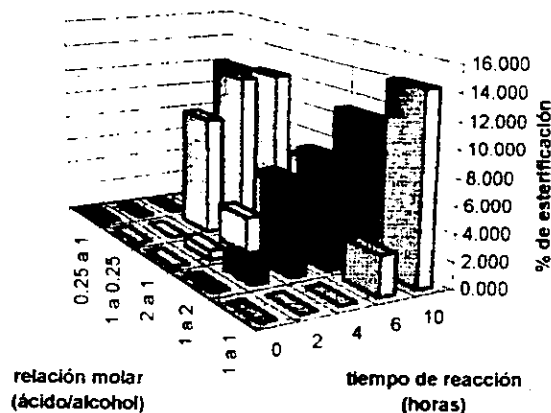


Tabla 56.-Acetato de bencilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.484	5.784	11.493	14.310
1 a 2	0.000	0.000	1.493	10.310	11.711
2 a 1	0.000	2.083	2.778	2.778	6.944
1 a 0.25	0.000	4.688	4.688	6.250	14.063
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	3.989	15.670

Gráfica 56.-Acetato de bencilo en heptano a 45°C

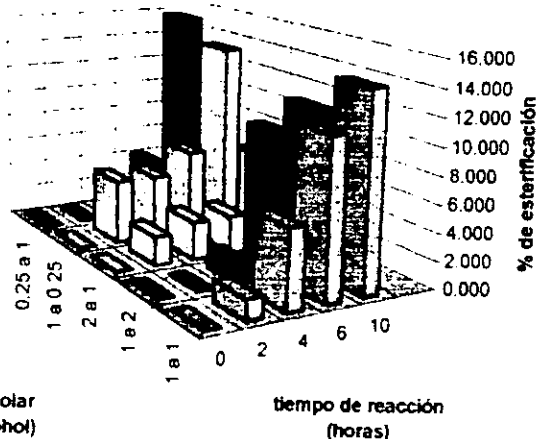


Tabla 57.-Acetato de bencilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	8.256	13.810	20.731
1 a 2	0.000	0.000	8.797	10.403	19.245
2 a 1	0.000	0.000	0.000	4.290	9.964
1 a 0.25	0.000	7.937	15.717	18.735	20.323
0.25 a 1	0.000	0.000	0.552	13.103	17.655

Gráfica 57.-Acetato de bencilo en hexano a 55°C

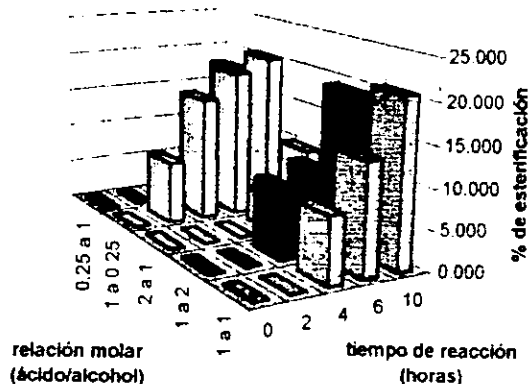


Tabla 58.-Acetato de bencilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	5.246	17.088	19.649	19.649
1 a 2	0.000	0.000	13.057	18.379	18.379
2 a 1	0.000	1.292	2.040	7.484	9.553
1 a 0.25	0.000	6.250	12.039	15.394	19.851
0.25 a 1	0.000	6.897	13.793	13.793	17.241

Gráfica 58.-Acetato de bencilo en heptano a 55°C

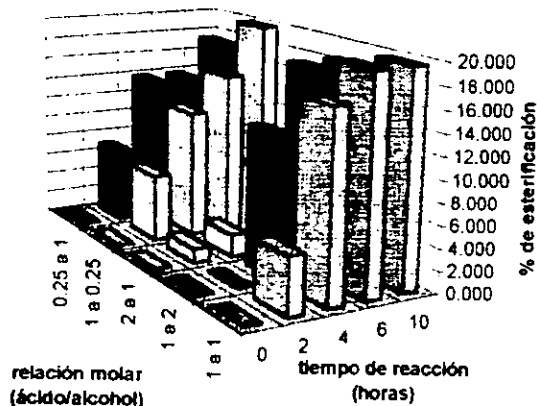


Tabla 59 -Acetato de bencilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	4.511	9.023	24.962	32.331
1 a 2	0.000	1.515	14.914	30.698	33.860
2 a 1	0.000	1.398	10.445	13.946	16.048
1 a 0.25	0.000	1.531	9.349	28.622	34.828
0.25 a 1	0.000	10.714	21.667	21.905	32.857

Gráfica 59.-Acetato de bencilo en hexano a 65°C

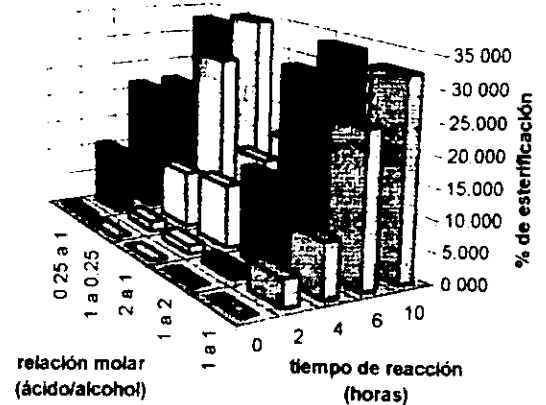


Tabla 60 -Acetato de bencilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.774	4.196	15.078	30.014
1 a 2	0.000	6.061	10.672	24.638	33.860
2 a 1	0.000	2.193	6.578	10.274	10.274
1 a 0.25	0.000	12.152	25.528	29.987	31.056
0.25 a 1	0.000	2.917	6.250	8.958	27.500

Gráfica 60.-Acetato de bencilo heptano a 65°C

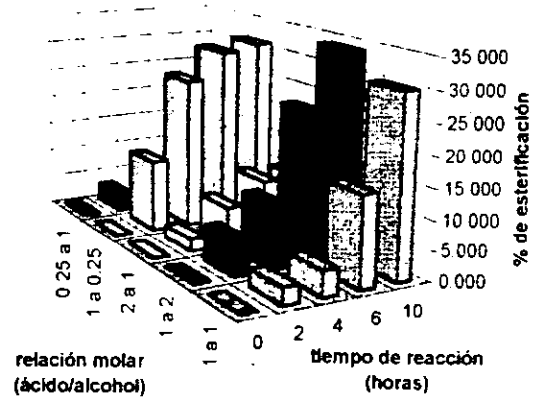


Tabla 61 -Propionato de metilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.263	2.439	2.439	2.482
1 a 2	0.000	1.408	1.408	1.428	1.428
2 a 1	0.000	0.000	0.02	2.147	2.147
1 a 0.25	0.000	0.000	0.012	2.210	3.309
0.25 a 1	0.000	0.000	0	2.128	2.295

Gráfica 61.-Propionato de metilo en hexano a 25°C

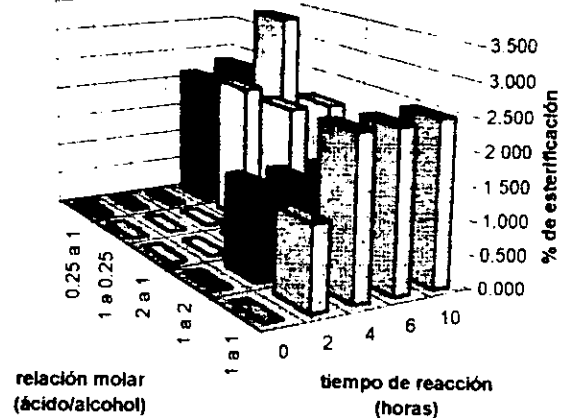


Tabla 62.-Propionato de metilo en heptano a 25°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ácido/al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.220	1.220	1.263	2.482
1 a 2	0.000	0.000	0.128	0.739	0.739
2 a 1	0.000	0.025	0.714	0.739	2.167
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	1.087	2.174
0.25 a 1	0.000	0.000	1.961	3.922	3.922

Gráfica 62.-Propionato de metilo en heptano a 25°C

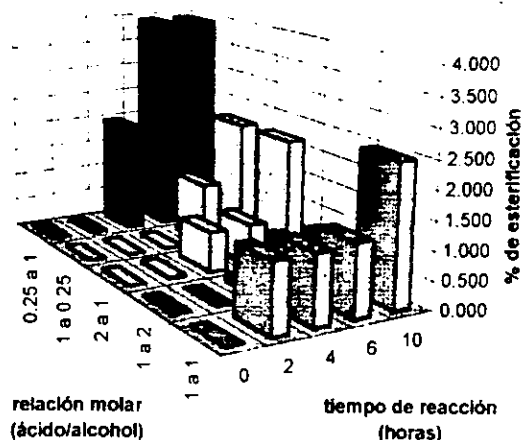


Tabla 63.-Propionato de metilo en hexano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ácido/al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.235	3.762	8.700
1 a 2	0.000	4.110	5.479	6.849	8.904
2 a 1	0.000	0.709	2.138	3.576	4.285
1 a 0.25	0.000	0.000	2.243	5.503	6.590
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	1.961	7.843

Gráfica 63.-Propionato de metilo en hexano a 35°C

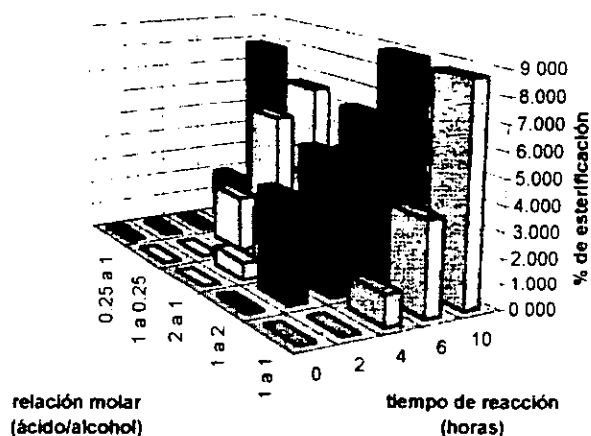


Tabla 64.-Propionato de metilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ácido/al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.469	7.466	9.935
1 a 2	0.000	1.429	7.143	8.571	10.000
2 a 1	0.000	0.714	1.474	2.872	4.331
1 a 0.25	0.000	1.099	2.290	5.587	6.686
0.25 a 1	0.000	0.000	4.289	10.539	10.539

Gráfica 64.-Propionato de metilo en heptano a 35°C

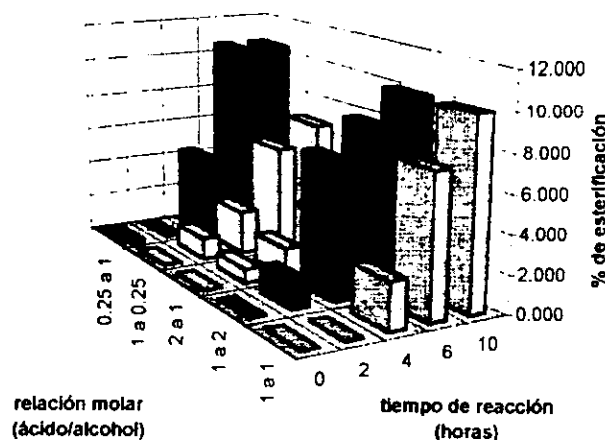


Tabla 65 - Propionato de metilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	7.685	10.762	15.778
1 a 2	0.000	2.636	5.101	8.940	16.835
2 a 1	0.000	0.719	6.411	7.848	7.848
1 a 0.25	0.000	1.099	6.617	11.060	14.404
0.25 a 1	0.000	4.083	11.833	13.750	17.750

Gráfica 65.-Propionato de metilo en hexano a 45°C

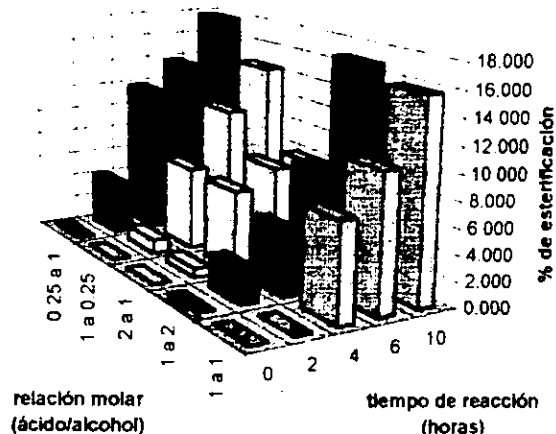


Tabla 66 - Propionato de metilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.008	15.107	17.508	17.464
1 a 2	0.000	2.242	2.384	8.456	16.527
2 a 1	0.000	1.438	5.772	6.520	10.066
1 a 0.25	0.000	1.111	7.814	8.996	14.624
0.25 a 1	0.000	8.333	8.333	10.417	16.667

Gráfica 66.-Propionato de metilo en heptano a 45°C

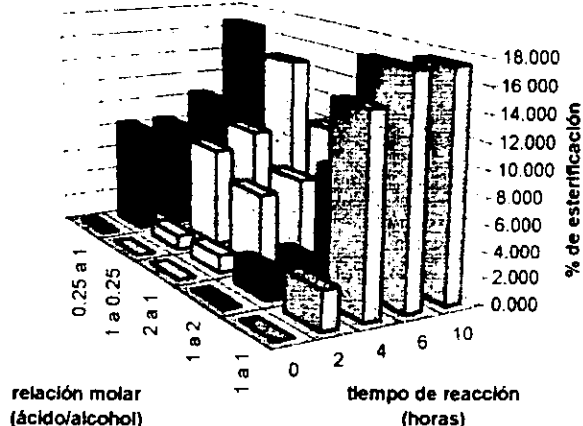


Tabla 67 - Propionato de metilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	16.238	23.181	34.829
1 a 2	0.000	0.000	1.316	6.366	37.909
2 a 1	0.000	2.734	5.394	17.044	19.754
1 a 0.25	0.000	5.435	10.870	13.043	32.609
0.25 a 1	0.000	0.000	28.889	30.065	35.948

Gráfica 67.-Propionato de metilo en hexano a 55°C

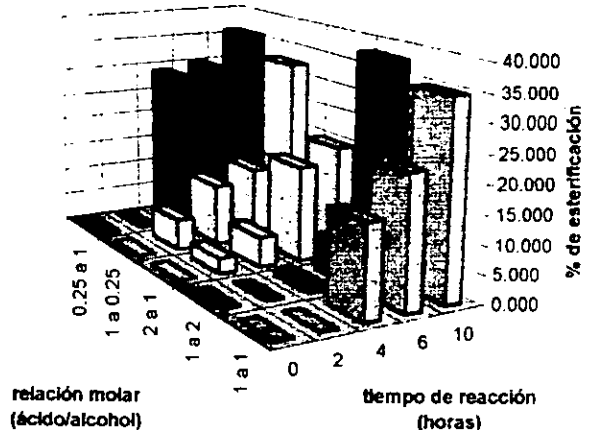


Tabla 68.-Propionato de metilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.515	11.132	27.593	37.623
1 a 2	0.000	5.405	9.459	14.865	41.892
2 a 1	0.000	0.000	9.442	16.888	20.939
1 a 0.25	0.000	5.556	13.454	19.058	34.638
0.25 a 1	0.000	8.647	15.121	19.324	41.063

Gráfica 68.-Propionato de metilo en heptano a 55°C

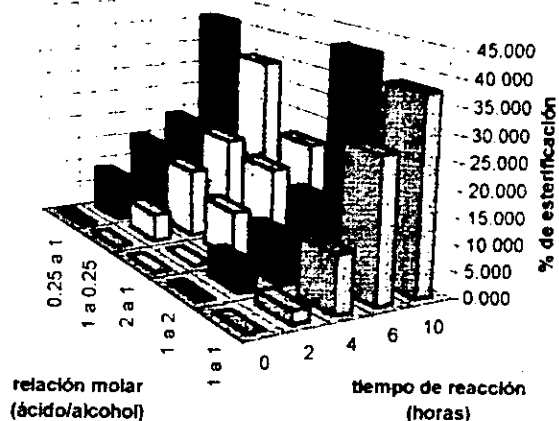


Tabla 69.-Propionato de metilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	8.177	11.590	31.416	38.301
1 a 2	0.000	0.000	22.857	31.429	38.571
2 a 1	0.000	3.521	18.310	24.648	27.746
1 a 0.25	0.000	13.879	29.079	30.337	30.337
0.25 a 1	0.000	4.076	28.986	39.312	39.312

Gráfica 69.-Propionato de metilo en hexano a 65°C

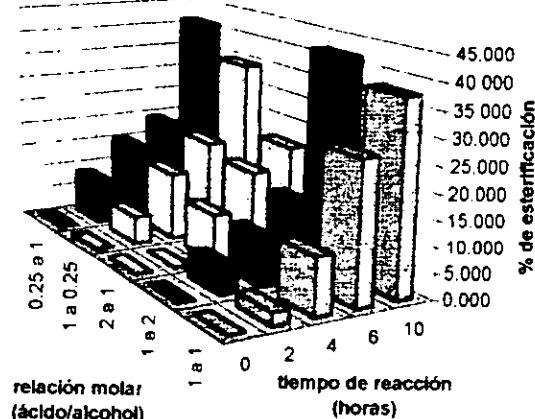


Tabla 70.-Propionato de metilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	29.178	40.108
1 a 2	0.000	5.714	22.857	34.286	41.429
2 a 1	0.000	4.842	8.998	15.923	27.034
1 a 0.25	0.000	0.000	1.075	4.796	29.431
0.25 a 1	0.000	5.826	19.652	31.478	38.957

Gráfica 70.-Propionato de metilo en heptano a 65°C

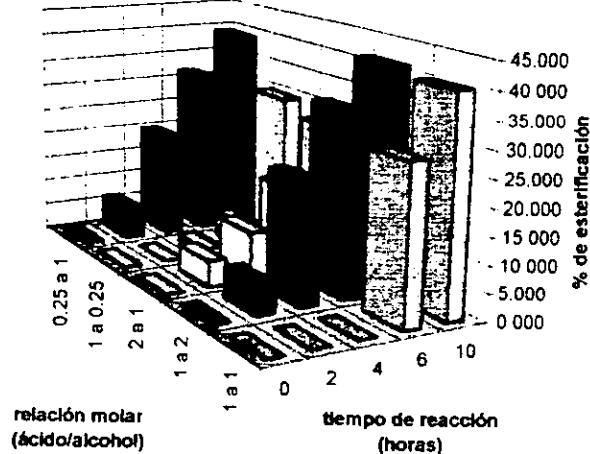


Tabla 71 -Propionato de etilo en hexano a 25°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.098	2.221
1 a 2	0.000	0.000	2.667	2.667	2.667
2 a 1	0.000	0.000	0.231	0.688	0.688
1 a 0.25	0.000	1.563	1.563	3.125	3.125
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.502

Gráfica 71.-Propionato de etilo en hexano a 25°C

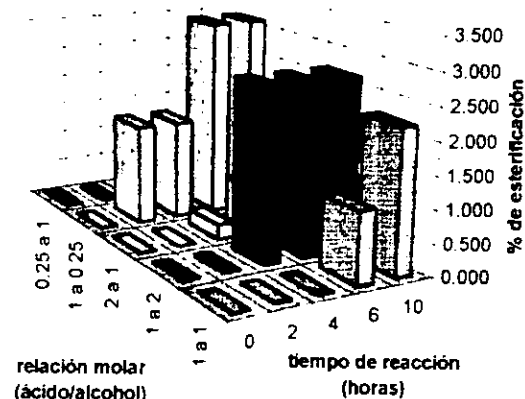


Tabla 72 -Propionato de etilo en heptano a 25°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.123	1.123
1 a 2	0.000	0.000	1.136	1.333	1.333
2 a 1	0.000	0.000	0.425	0.719	0.719
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25 a 1	0.000	0.321	0.321	0.321	0.321

Gráfica 72.-Propionato de etilo en heptano a 25°C

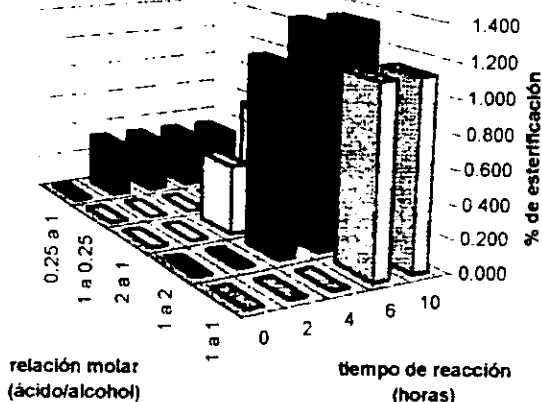


Tabla 73 -Propionato de etilo en hexano a 35°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.136	3.409	3.434	6.869
1 a 2	0.000	2.565	5.063	7.628	8.861
2 a 1	0.000	0.000	2.143	2.857	5.000
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.026	8.223
0.25 a 1	0.000	4.545	4.545	5.091	5.091

Gráfica 73.-Propionato de etilo en hexano a 35°C

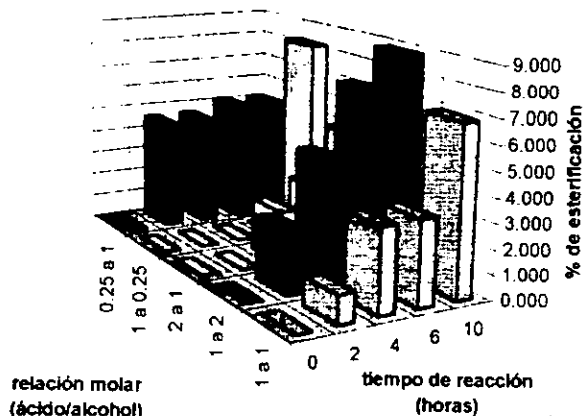




Tabla 74.-Propionato de etilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ác./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	3.409	4.571	5.732
1 a 2	0.000	2.614	3.947	9.193	9.211
2 a 1	0.000	0.000	0.761	2.967	5.871
1 a 0.25	0.000	0.000	7.489	9.677	9.677
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000

Gráfica 74.-Propionato de etilo en heptano a 35°C

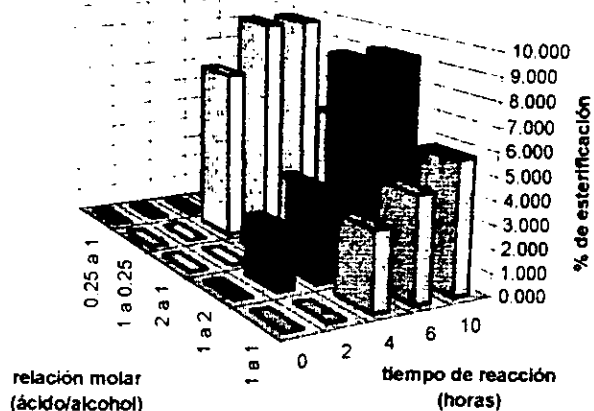


Tabla 75.-Propionato de etilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ác./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	10.253	13.687	19.394
1 a 2	0.000	0.017	3.324	7.929	22.403
2 a 1	0.000	3.517	9.286	11.418	13.556
1 a 0.25	0.000	6.780	10.183	19.113	25.893
0.25 a 1	0.000	3.846	7.051	7.692	10.897

Gráfica 75.-Propionato de etilo en hexano a 45°C

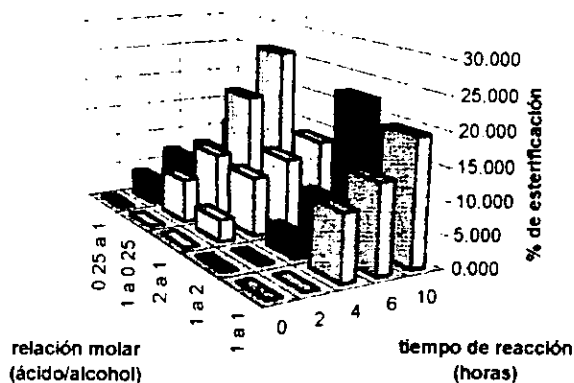


Tabla 76.-Propionato de etilo en heptano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ác./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.222	6.667	8.889	18.889
1 a 2	0.000	0.000	1.299	3.896	22.078
2 a 1	0.000	0.725	8.696	10.155	13.784
1 a 0.25	0.000	1.639	11.375	13.417	21.614
0.25 a 1	0.000	0.000	4.167	6.892	8.333

Gráfica 76.-Propionato de etilo en heptano a 45°C

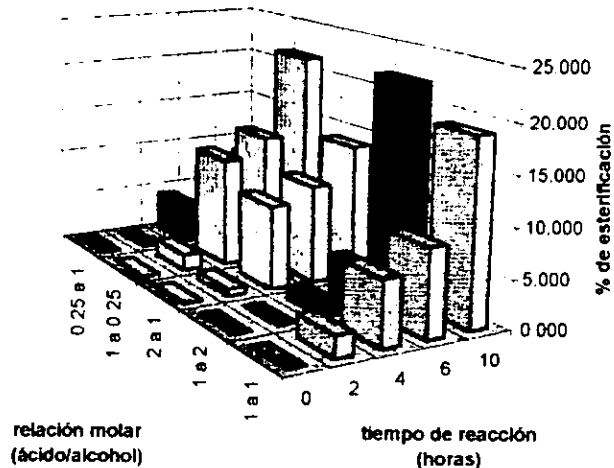


Tabla 77 -Propionato de etilo en hexano a 55°C .

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.163	13.980	39.693	39.693
1 a 2	0.000	1.299	5.511	34.047	43.506
2 a 1	0.000	0.811	19.490	22.518	24.800
1 a 0.25	0.000	0.000	12.548	25.072	45.433
0.25 a 1	0.000	0.000	3.692	21.870	30.308

Gráfica 77.-Propionato de etilo en heptano a 55°C

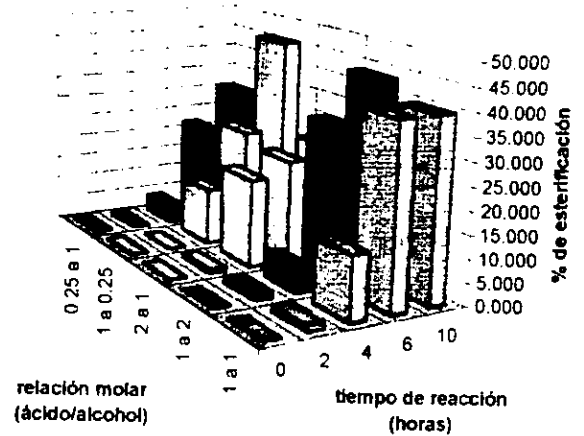


Tabla 78 -Propionato de etilo en heptano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.593	24.138	35.000	37.138
1 a 2	0.000	10.509	26.350	38.243	43.506
2 a 1	0.000	0.000	3.671	22.659	24.860
1 a 0.25	0.000	9.573	28.669	36.654	49.451
0.25 a 1	0.000	12.667	12.667	13.000	33.833

Gráfica 78.-Propionato de etilo en heptano a 55°C

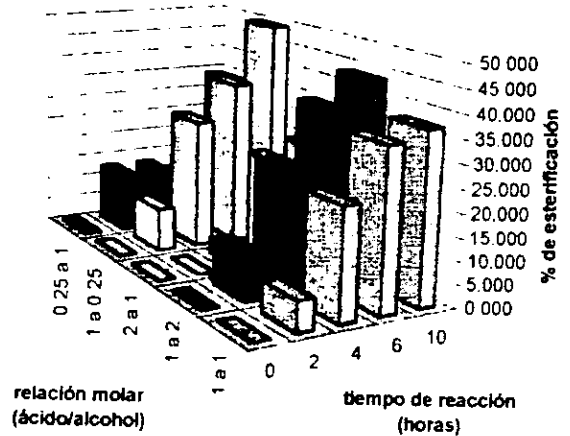


Tabla 79 -Propionato de etilo en hexano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	8.889	36.667	41.111
1 a 2	0.000	3.765	8.765	12.562	42.593
2 a 1	0.000	0.000	8.460	23.343	26.159
1 a 0.25	0.000	1.470	20.850	38.738	55.133
0.25 a 1	0.000	6.499	9.549	23.342	33.687

Gráfica 79.-Propionato de etilo en hexano a 65°C

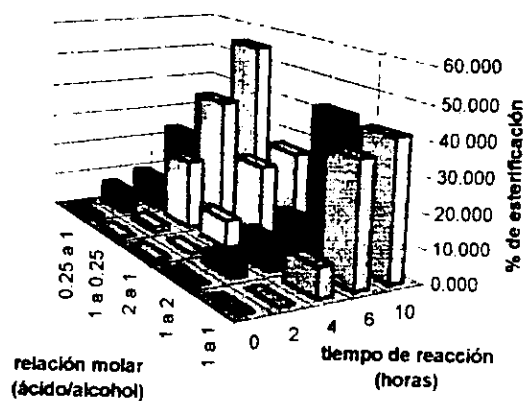


Tabla 80.-Propionato de etilo en heptano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	10.354	22.879	42.222
1 a 2	0.000	11.752	16.947	32.724	47.138
2 a 1	0.000	4.530	8.995	23.832	27.578
1 a 0.25	0.000	0.000	9.668	28.788	57.431
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	20.308	40.308

Gráfica 80.-Propionato de etilo en heptano a 65°C

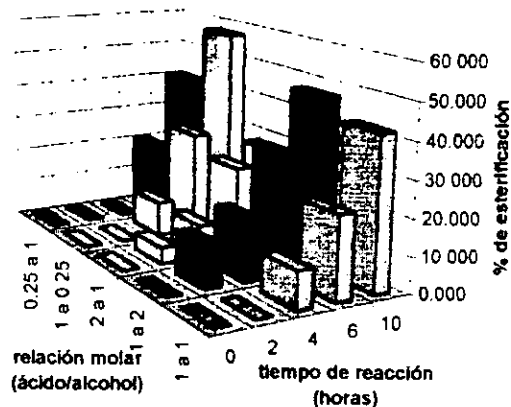


Tabla 81.-Propionato de n-propilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	1.584
1 a 2	0.000	1.754	1.754	5.327	5.327
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	2.990
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	3.739	3.739
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfica 81.-Propionato de n-propilo en hexano a 25°C

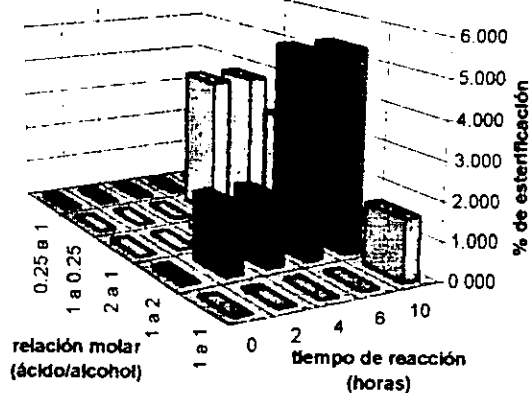


Tabla 82.-Propionato de n-propilo en heptano a 25°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.080	0.000
1 a 2	0.000	0.000	1.786	1.786	3.604
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	3.764	3.704
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.196

Gráfica 82.-Propionato de n-propilo en heptano a 25°C

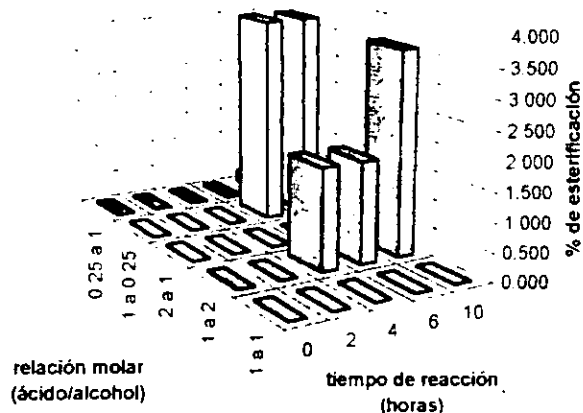


Tabla 83.-Propionato de n-propilo en hexano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.151	4.990
1 a 2	0.000	0.000	0.000	4.903	6.598
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	1.939
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	3.502
0.25 a 1	0.000	2.778	4.903	5.000	5.000

Gráfica 83.-Propionato de n-propilo en hexano a 35°C

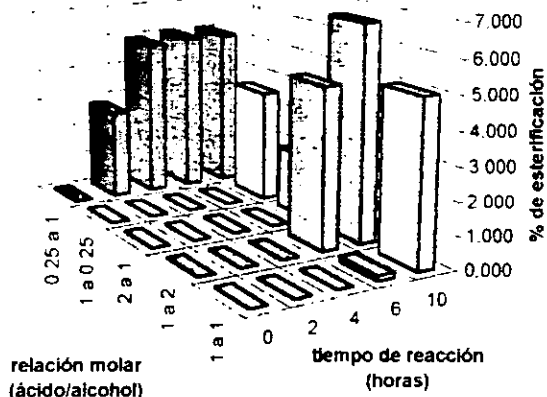


Tabla 84.-Propionato de n-propilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.101	0.151	4.990
1 a 2	0.000	0.000	0.000	4.762	6.429
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	1.881
1 a 0.25	0.000	0.000	0.285	1.923	3.846
0.25 a 1	0.000	2.941	3.453	5.491	5.490

Gráfica 84.-Propionato de n-propilo en heptano a 35°C

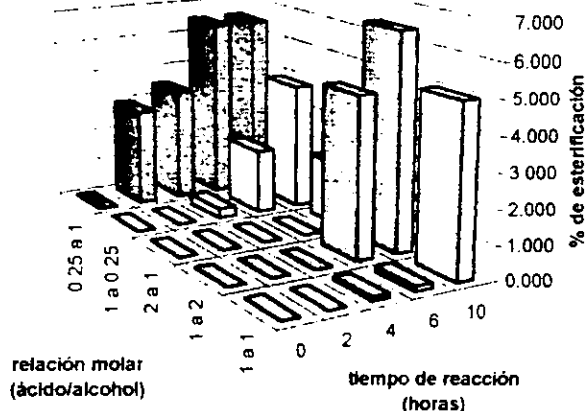


Tabla 85.-Propionato de n-propilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.391	7.038	13.490
1 a 2	0.000	0.000	0.282	9.373	18.464
2 a 1	0.000	1.961	3.912	8.804	7.804
1 a 0.25	0.000	0.000	5.325	19.545	23.149
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	8.095	13.651

Gráfica 85.-Propionato de n-propilo en hexano a 45°C

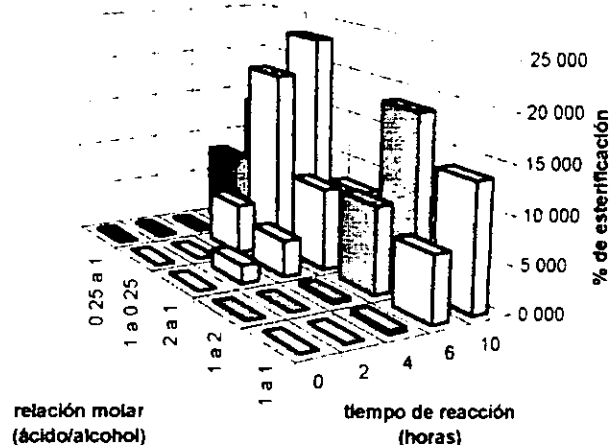


Tabla 86.-Propionato de n-propilo en heptano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.719	7.858	14.638
1 a 2	0.000	0.000	0.000	10.899	19.828
2 a 1	0.000	0.000	0.000	8.804	10.745
1 a 0.25	0.000	0.000	7.273	10.909	20.000
0.25 a 1	0.000	3.025	3.193	6.134	14.958

Gráfica 86.-Propionato de n-propilo en heptano a 45°C

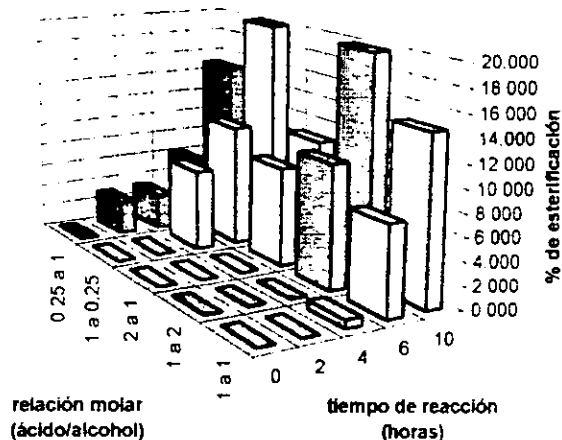


Tabla 87.-Propionato de n-propilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.795	23.590	30.641	39.103
1 a 2	0.000	9.091	9.091	40.000	41.818
2 a 1	0.000	0.000	0.000	7.710	22.263
1 a 0.25	0.000	0.000	29.219	32.982	40.319
0.25 a 1	0.000	0.000	3.812	16.911	33.236

Gráfica 87.-Propionato de n-propilo en hexano a 55°C

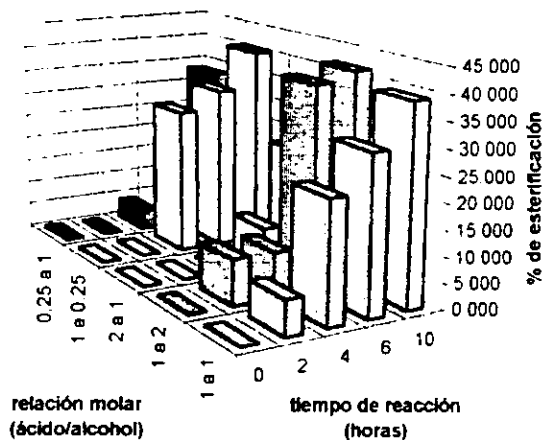


Tabla 88 -Propionato de n-propilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.658	11.677	11.980	38.310
1 a 2	0.000	0.000	3.354	22.320	41.003
2 a 1	0.000	0.990	8.959	18.870	22.840
1 a 0.25	0.000	0.000	18.491	30.982	37.228
0.25 a 1	0.000	0.000	2.674	23.173	31.907

Gráfica 88.-Propionato de n-propilo en heptano a 55°C

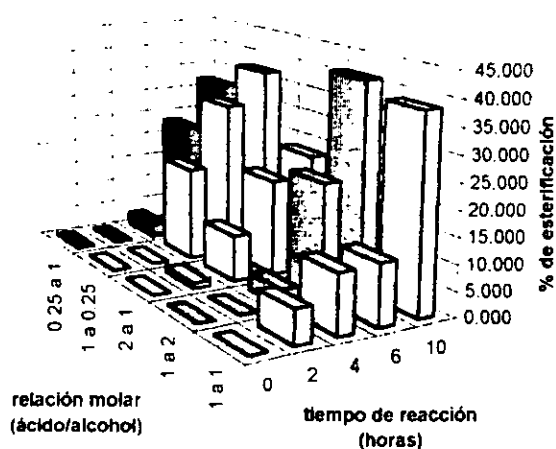


Tabla 89 -Propionato de n-propilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.559	19.032	39.946
1 a 2	0.000	0.000	0.000	35.582	44.378
2 a 1	0.000	0.000	2.517	16.871	25.034
1 a 0.25	0.000	4.884	13.690	23.066	44.742
0.25 a 1	0.000	5.865	24.047	39.003	41.838

Gráfica 89.-Propionato de n-propilo en hexano a 65°C

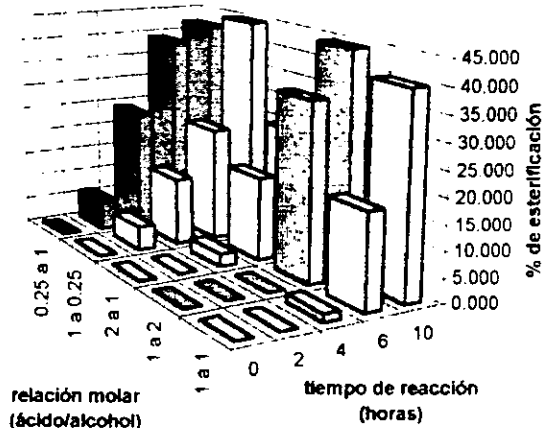


Tabla 90 -Propionato de n-propilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.559	4.570	27.097	39.946
1 a 2	0.000	0.000	1.818	29.024	47.138
2 a 1	0.000	0.000	2.157	16.891	23.754
1 a 0.25	0.000	0.778	5.477	30.088	43.644
0.25 a 1	0.000	2.488	13.917	33.548	38.894

Gráfica 90.-Propionato de n-propilo en heptano a 65°C

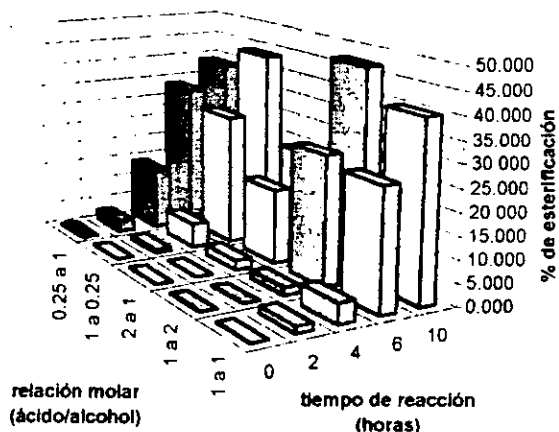


Tabla 91.-Propionato de isopropilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	2.039
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.586	3.226
2 a 1	0.000	0.000	2.128	3.191	3.191
1 a 0.25	0.000	0.000	1.663	1.663	5.172
0.25 a 1	0.000	0.000	2.941	2.941	2.941

Gráfica 91.-Propionato de isopropilo en hexano a 25°C

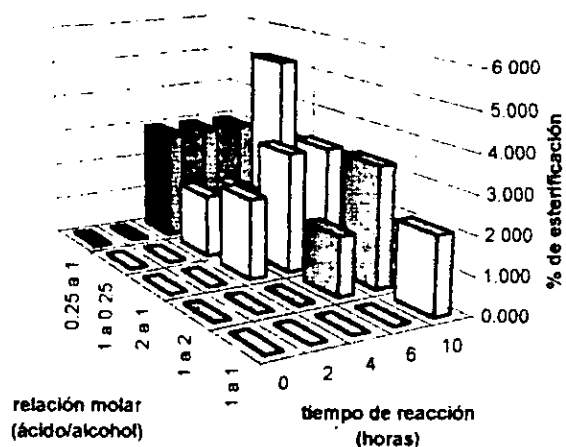


Tabla 92.-Propionato de isopropilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.639	1.639
2 a 1	0.000	0.000	0.000	2.151	2.151
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	3.509
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	2.941

Gráfica 92.-Propionato de isopropilo en heptano a 25°C

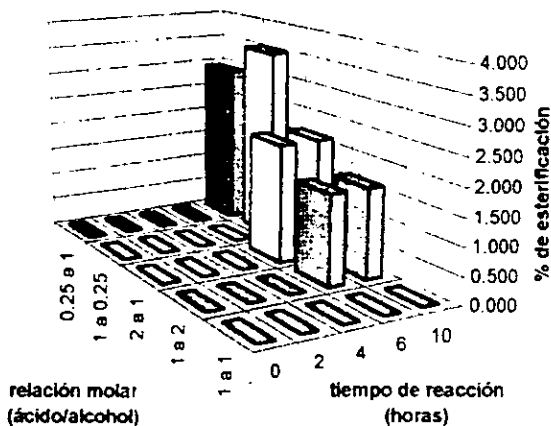


Tabla 93.-Propionato de isopropilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.174	4.348	10.870
1 a 2	0.000	1.587	3.149	6.349	6.349
2 a 1	0.000	0.000	2.200	3.119	4.110
1 a 0.25	0.000	0.000	1.946	5.455	7.401
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	5.346

Gráfica 93.-Propionato de isopropilo en hexano a 35°C

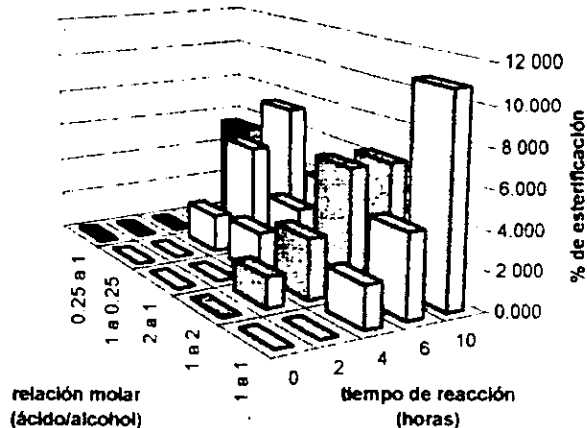


Tabla 94.-Propionato de isopropilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.174	3.384	4.255	10.638
1 a 2	0.000	1.639	1.666	4.918	8.223
2 a 1	0.000	1.124	3.384	4.482	7.840
1 a 0.25	0.000	1.667	1.771	5.104	3.542
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108

Gráfica 94.-Propionato de isopropilo en heptano a 35°C

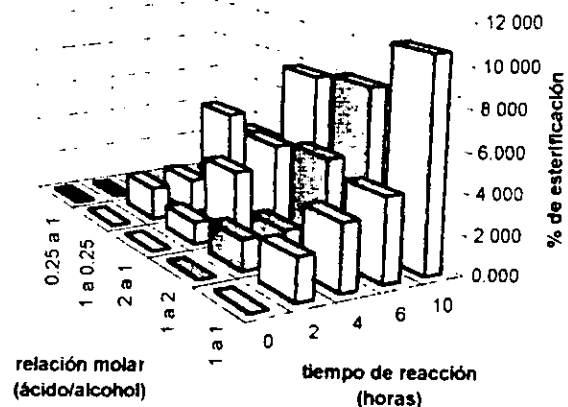


Tabla 95.-Propionato de isopropilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.902	6.691	18.478
1 a 2	0.000	0.000	0.244	6.691	12.894
2 a 1	0.000	2.234	2.259	3.419	11.148
1 a 0.25	0.000	0.000	3.902	3.196	13.900
0.25 a 1	0.000	9.107	9.375	19.286	19.286

Gráfica 95.-Propionato de isopropilo en hexano a 45°C

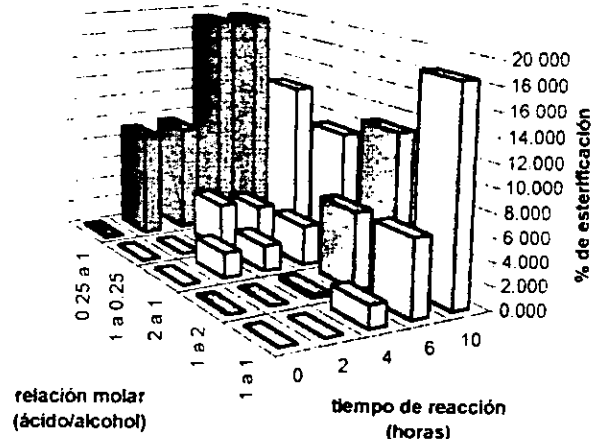


Tabla 96.-Propionato de isopropilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.687	3.986	5.616	20.562
1 a 2	0.000	1.687	6.824	8.586	15.620
2 a 1	0.000	0.152	2.839	3.802	10.496
1 a 0.25	0.000	1.259	1.259	8.390	14.545
0.25 a 1	0.000	8.658	15.429	17.143	20.000

Gráfica 96.-Propionato de isopropilo en heptano a 45°C

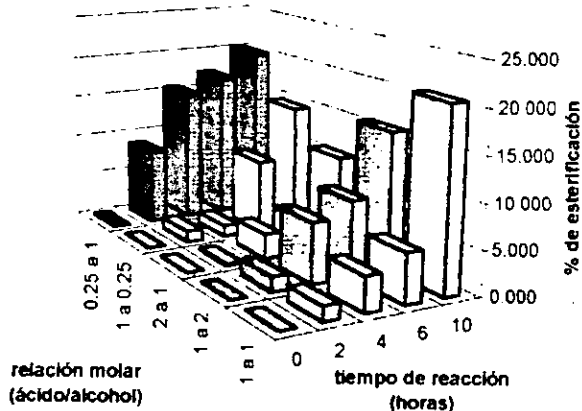




Tabla 97 -Propionato de isopropilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.295	17.355	38.798	41.260
1 a 2	0.000	4.683	14.206	28.333	29.762
2 a 1	0.000	3.156	12.591	17.849	18.903
1 a 0.25	0.000	0.063	19.737	32.268	34.085
0.25 a 1	0.000	5.670	5.865	25.460	29.130

Gráfica 97.-Propionato de isopropilo en hexano a 55°C

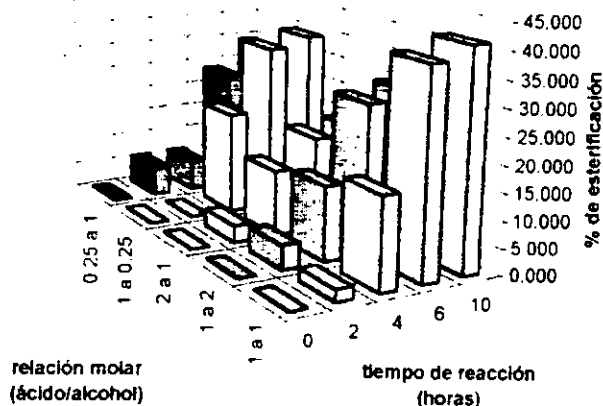


Tabla 98 -Propionato de isopropilo en heptano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.039	22.078	32.118	38.196
1 a 2	0.000	4.583	9.271	20.000	29.167
2 a 1	0.000	7.322	14.505	15.466	18.623
1 a 0.25	0.000	0.063	19.737	30.482	32.299
0.25 a 1	0.000	5.346	19.263	26.359	27.097

Gráfica 98.-Propionato de isopropilo en heptano a 55°C

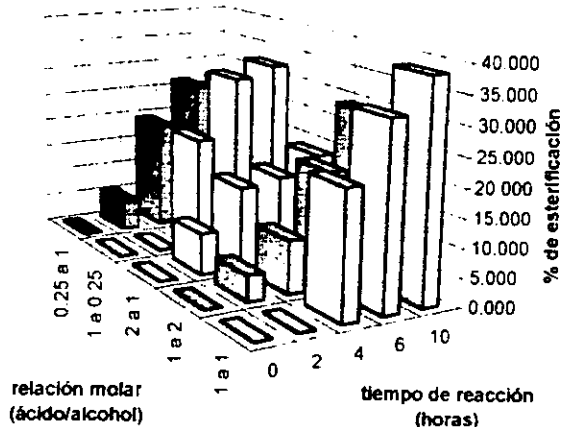


Tabla 99.-Propionato de isopropilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	5.273	26.727	29.818	33.273
1 a 2	0.000	0.000	15.719	18.617	28.376
2 a 1	0.000	8.989	14.607	19.101	21.348
1 a 0.25	0.000	1.582	13.192	31.469	31.469
0.25 a 1	0.000	13.889	21.528	35.417	35.417

Gráfica 99.-Propionato de isopropilo en hexano a 65°C

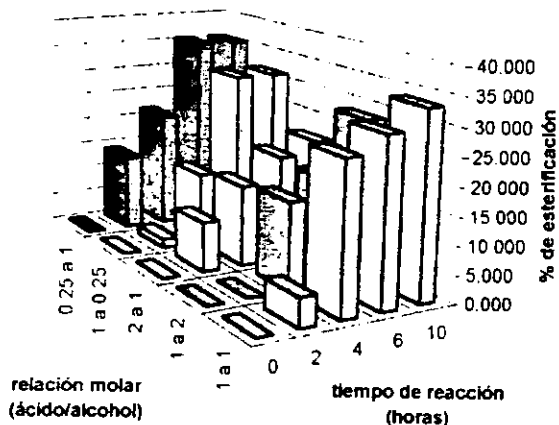


Tabla 100.-Propionato de isopropilo en heptano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.922	21.451	27.216	36.980
1 a 2	0.000	2.018	2.637	18.079	27.711
2 a 1	0.000	0.796	14.256	18.013	20.342
1 a 0.25	0.000	2.323	13.748	32.423	36.284
0.25 a 1	0.000	3.125	9.375	28.125	40.625

Gráfica 100.-Propionato de isopropilo en heptano a 65°C

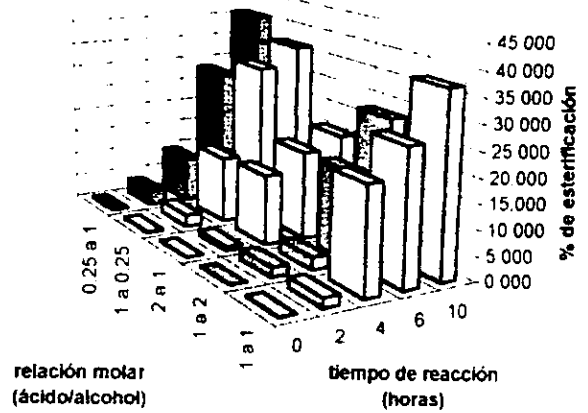


Tabla 101.-Propionato de n-butilo en hexano a 25°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.989	3.009
1 a 2	0.000	0.000	2.738	4.127	4.206
2 a 1	0.000	0.000	0.832	1.687	3.396
1 a 0.25	0.000	0.000	1.786	3.571	3.571
0.25 a 1	0.000	2.778	2.942	5.882	5.882

Gráfica 101.-Propionato de n-butilo en hexano a 25°C

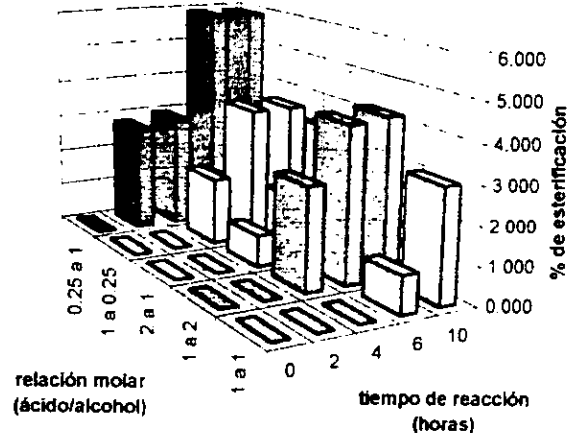


Tabla 102.-Propionato de n-butilo en heptano a 25°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.010	2.030
1 a 2	0.000	1.370	3.432	4.051	4.051
2 a 1	0.000	0.000	1.665	2.513	4.208
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	1.818	1.818
0.25 a 1	0.000	0.000	2.778	2.857	2.857

Gráfica 102.-Propionato de n-butilo en heptano a 25°C

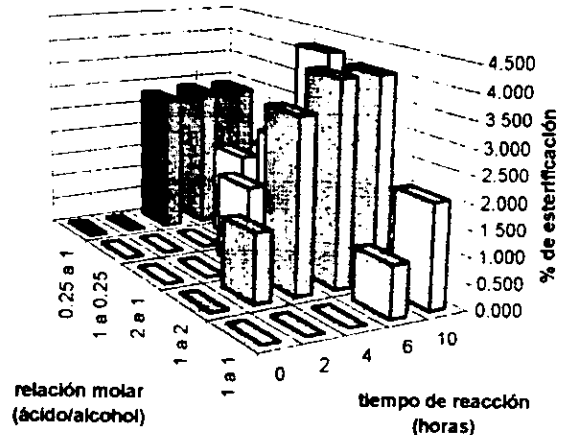


Tabla 103 -Propionato de n-butilo en hexano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.062	3.093	7.247	9.309
1 a 2	0.000	0.000	0.000	0.000	4.286
2 a 1	0.000	0.000	0.000	6.079	8.688
1 a 0.25	0.000	1.754	3.509	3.596	3.596
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.684	2.684

Gráfica 103.-Propionato de n-butilo en hexano a 35°C

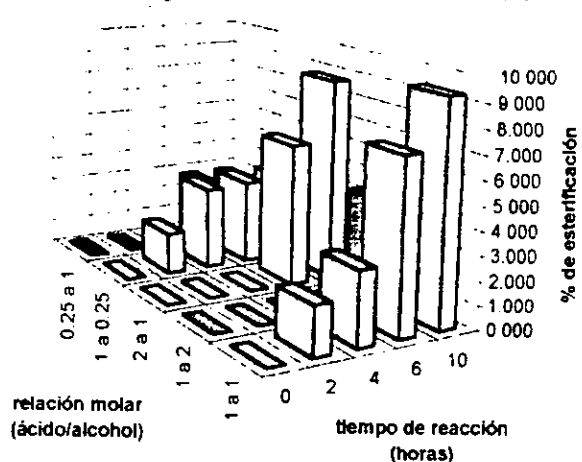


Tabla 104 -Propionato de n-butilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.020	3.061	6.143	9.204
1 a 2	0.000	4.051	4.110	4.992	8.102
2 a 1	0.000	0.000	0.000	5.789	7.456
1 a 0.25	0.000	0.000	1.724	1.782	3.506
0.25 a 1	0.000	1.234	2.778	5.556	5.556

Gráfica 104.-Propionato de n-butilo en heptano a 35°C

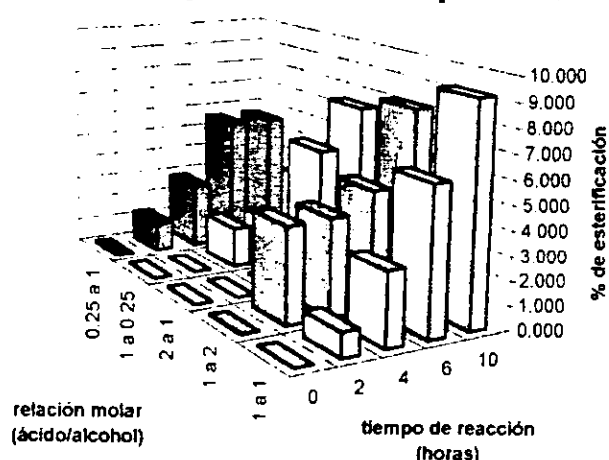


Tabla 105 -Propionato de n-butilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	3.839	13.680	17.670
1 a 2	0.000	0.000	11.268	19.718	21.127
2 a 1	0.000	5.085	8.475	11.864	15.254
1 a 0.25	0.000	1.695	6.750	15.196	27.060
0.25 a 1	0.000	3.226	3.510	3.795	10.531

Gráfica 105.-Propionato de n-butilo en hexano a 45°C

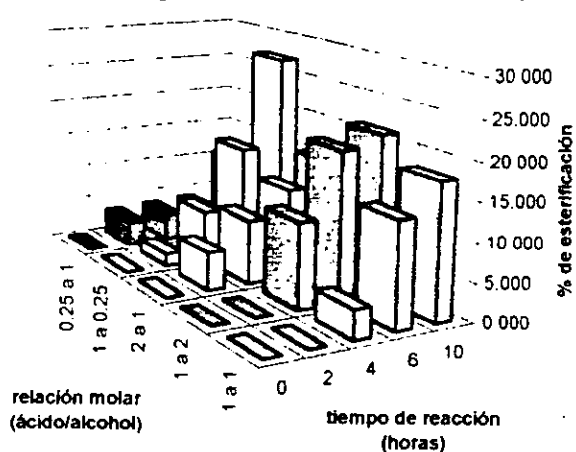


Tabla 106.-Propionato de n-butilo en heptano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	6.122	11.224	18.367
1 a 2	0.000	4.110	8.181	20.432	23.172
2 a 1	0.000	2.564	10.285	14.566	16.276
1 a 0.25	0.000	3.509	14.065	22.868	33.394
0.25 a 1	0.000	5.882	8.824	11.765	14.706

Gráfica 106.-Propionato de n-butilo en heptano a 45°C

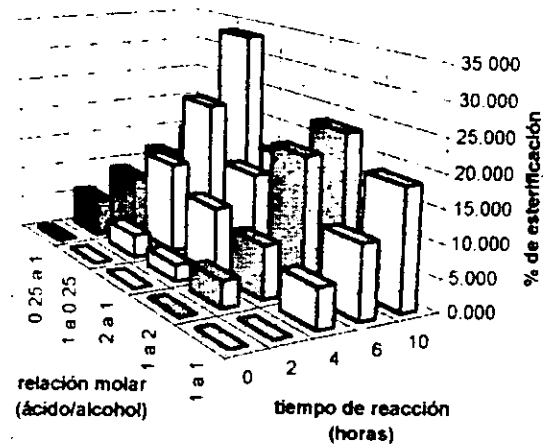


Tabla 107.-Propionato de n-butilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	19.596	31.374	37.108
1 a 2	0.000	9.048	11.572	16.637	19.196
2 a 1	0.000	0.847	12.712	19.492	32.203
1 a 0.25	0.000	0.000	3.267	10.508	20.678
0.25 a 1	0.000	4.444	11.587	34.444	37.381

Gráfica 107.-Propionato de n-butilo en hexano a 55°C

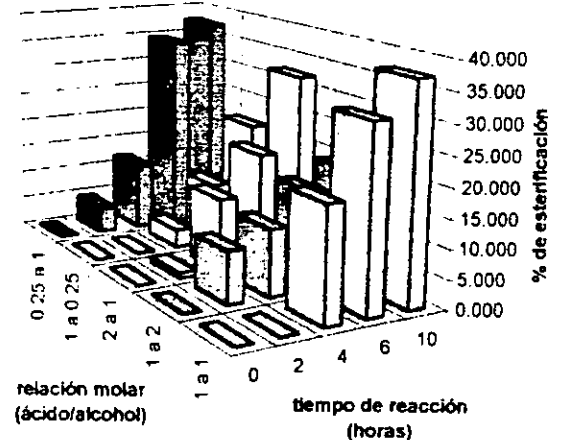


Tabla 108.-Propionato de n-butilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	11.330	11.958	32.750	37.583
1 a 2	0.000	0.000	23.920	35.195	42.712
2 a 1	0.000	4.972	19.110	27.387	32.359
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	2.027	14.426
0.25 a 1	0.000	3.535	21.717	36.869	40.152

Gráfica 108.-Propionato de n-butilo en heptano a 55°C

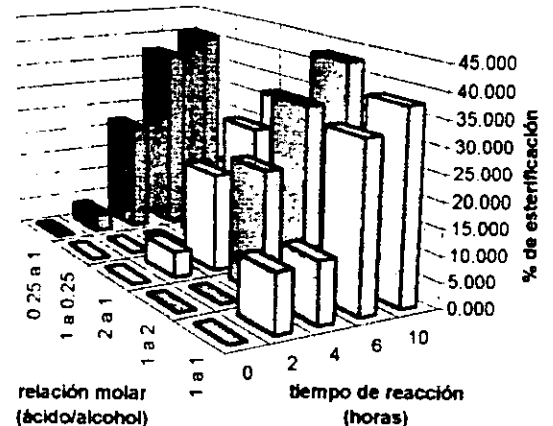


Tabla 109.-Propionato de n-butilo en hexano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.950	18.851	33.371	38.730
1 a 2	0.000	0.000	6.286	24.294	37.247
2 a 1	0.000	5.196	20.135	30.703	31.471
1 a 0.25	0.000	6.296	17.222	28.704	31.667
0.25 a 1	0.000	6.149	6.250	27.923	40.323

Gráfica 109.-Propionato de n-butilo en hexano a 65°C

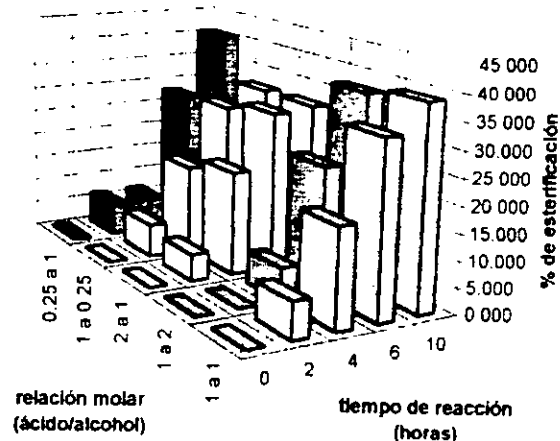


Tabla 110.-Propionato de n-butilo en heptano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	21.197	28.710	39.453	41.920
1 a 2	0.000	7.056	18.389	33.944	40.944
2 a 1	0.000	16.476	26.818	29.381	33.713
1 a 0.25	0.000	7.587	11.470	24.134	41.398
0.25 a 1	0.000	6.250	12.399	27.923	43.448

Gráfica 110.-Propionato de n-butilo en heptano a 65°C

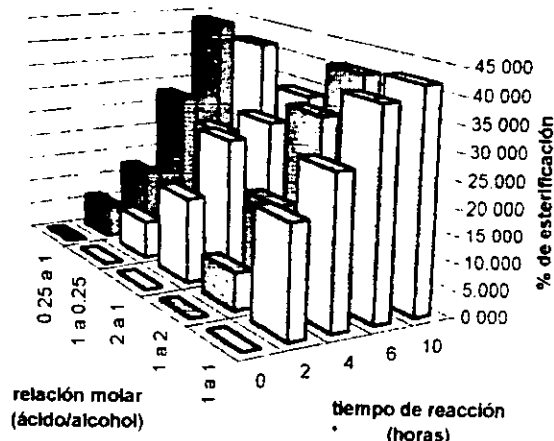


Tabla 111.-Propionato de bencilo en hexano a 25°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.022	0.044	1.514
1 a 2	0.000	2.128	6.339	6.383	6.383
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.745	2.283
1 a 0.25	0.000	0.000	0.118	4.082	6.122
0.25 a.1	0.000	0.000	0.000	3.226	3.226

Gráfica 111.-Propionato de bencilo en hexano a 25°C

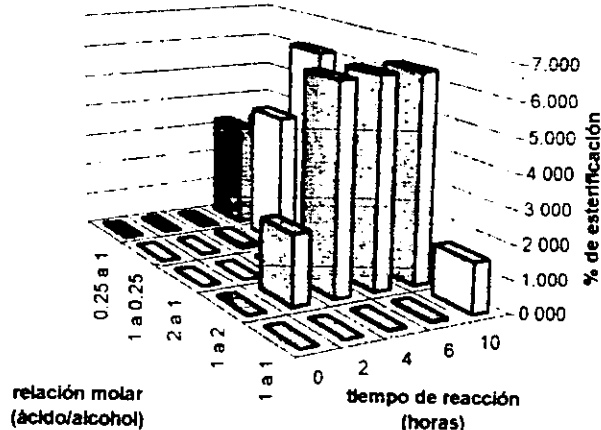


Tabla 112.-Propionato de bencilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.010	2.030
1 a 2	0.000	1.370	3.230	4.051	4.051
2 a 1	0.000	0.000	1.665	2.513	4.208
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	1.818	1.818
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.857	2.857

Gráfica 112.-Propionato de bencilo en heptano a 25°C

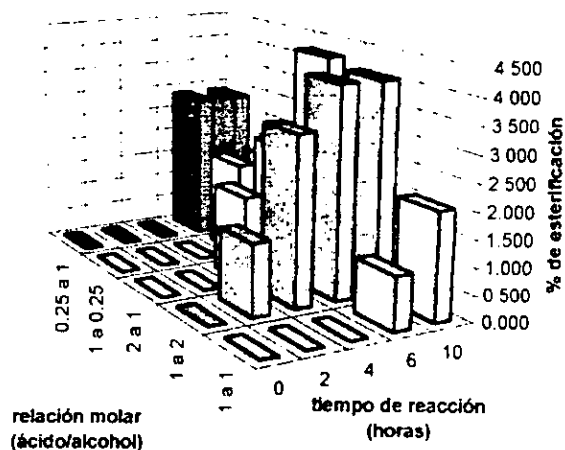


Tabla 113.-Propionato de bencilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.066	3.162	6.192	7.708
1 a 2	0.000	0.000	1.961	1.961	9.804
2 a 1	0.000	0.000	3.053	3.846	3.846
1 a 0.25	0.000	2.167	4.250	4.333	6.417
0.25 a 1	0.000	6.250	6.434	6.434	6.434

Gráfica 113.-Propionato de bencilo en hexano a 35°C

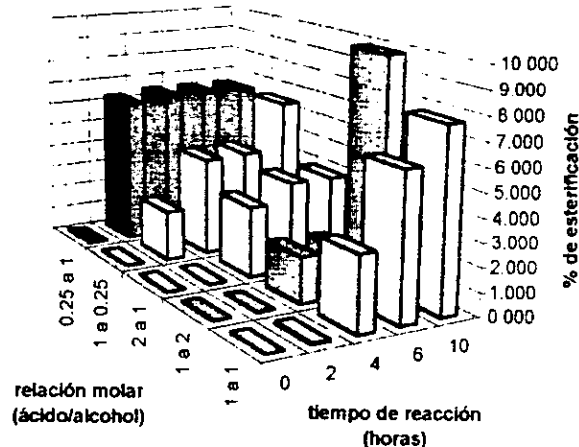


Tabla 114.-Propionato de bencilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.408	4.244	5.673	7.101
1 a 2	0.000	0.213	2.387	2.600	8.909
2 a 1	0.000	0.769	3.101	3.864	4.633
1 a 0.25	0.000	2.167	4.250	4.333	4.333
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.614	2.614

Gráfica 114.-Propionato de bencilo en heptano a 35°C

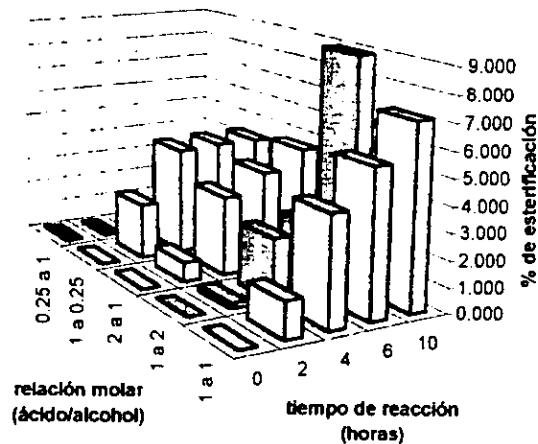


Tabla 115.-Propionato de bencilo en hexano a 45°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.665	9.808	16.951
1 a 2	0.000	0.000	0.000	2.446	6.793
2 a 1	0.000	2.414	4.777	7.191	9.709
1 a 0.25	0.000	2.333	4.647	6.731	10.897
0.25 a 1	0.000	0.173	3.377	12.641	15.671

Gráfica 115.-Propionato de bencilo en hexano a 45°C

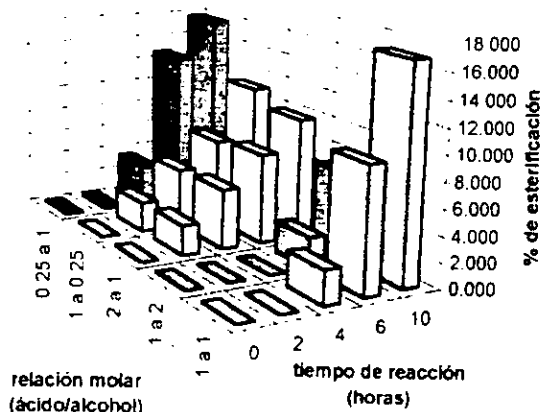


Tabla 116.-Propionato de bencilo en heptano a 45°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.405	14.640	17.581
1 a 2	0.000	2.083	2.083	6.250	10.417
2 a 1	0.000	2.365	3.916	9.382	9.502
1 a 0.25	0.000	4.333	6.731	12.981	19.231
0.25 a 1	0.000	2.857	8.571	8.571	14.286

Gráfica 116.-Propionato de bencilo en heptano a 45°C

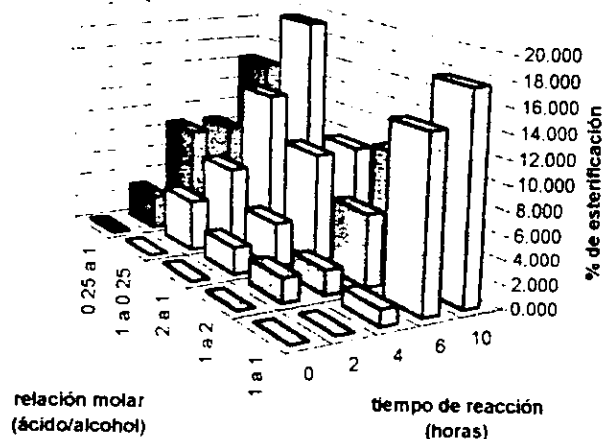


Tabla 117.-Propionato de bencilo en hexano a 55°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	10.907	29.414	38.737
1 a 2	0.000	4.774	11.509	33.248	38.235
2 a 1	0.000	0.811	6.347	15.057	20.617
1 a 0.25	0.000	4.167	6.571	31.571	42.308
0.25 a 1	0.000	0.556	11.111	28.333	38.333

Gráfica 117.-Propionato de bencilo en hexano a 55°C

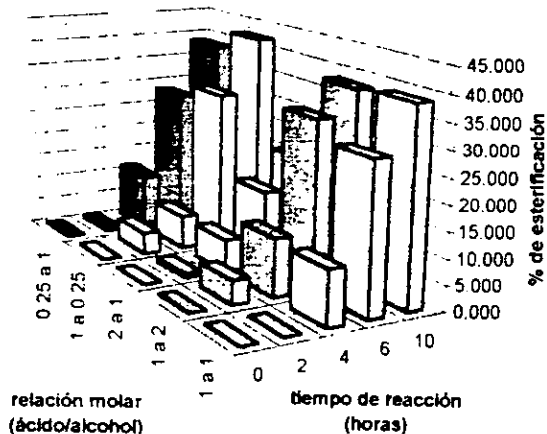


Tabla 118 -Propionato de bencilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	13.984	34.030	38.737
1 a 2	0.000	0.426	7.161	25.552	42.583
2 a 1	0.000	1.459	12.547	19.169	19.864
1 a 0.25	0.000	8.889	20.598	38.376	47.863
0.25 a 1	0.000	0.000	5.556	25.000	36.111

Gráfica 118.-Propionato de bencilo en heptano a 55°C

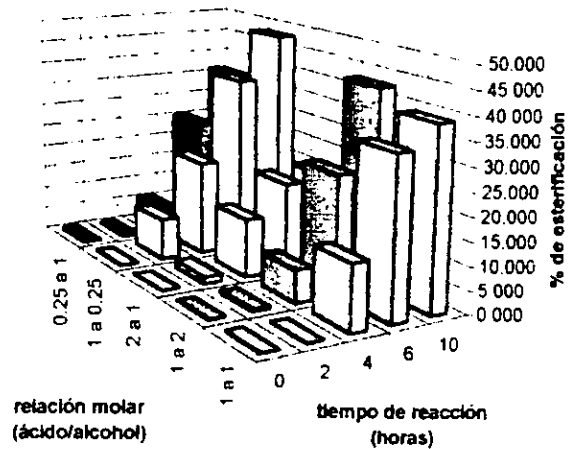


Tabla 119 -Propionato de bencilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	8.462	6.593	32.198	37.802
1 a 2	0.000	1.573	10.140	40.909	42.483
2 a 1	0.000	3.000	9.781	12.762	16.561
1 a 0.25	0.000	4.242	8.403	22.689	24.970
0.25 a 1	0.000	8.987	15.033	29.739	41.667

Gráfica 119.-Propionato de bencilo en hexano a 65°C

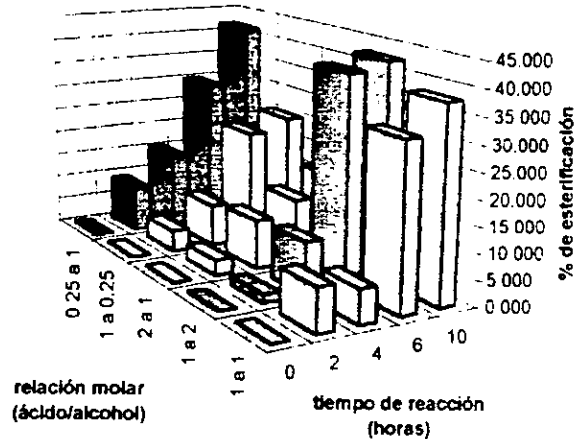


Tabla 120 -Propionato de bencilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	12.747	16.593	23.626	37.802
1 a 2	0.000	3.570	4.635	28.164	41.578
2 a 1	0.000	5.290	13.887	15.052	16.561
1 a 0.25	0.000	4.242	4.322	22.689	35.174
0.25 a 1	0.000	6.313	12.626	21.717	40.152

Gráfica 120.-Propionato de bencilo en heptano a 65°C

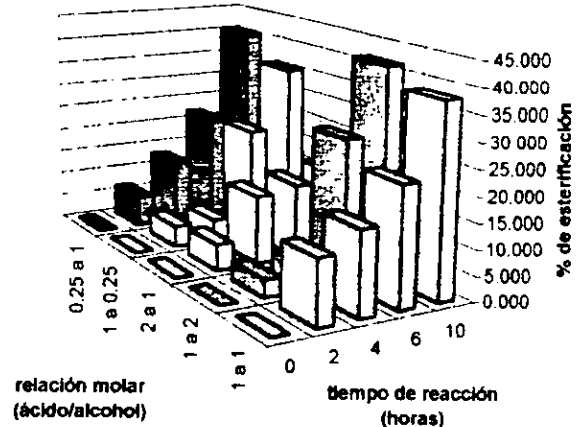




Tabla 121 -Butirato de metilo en hexano a 25°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.093	3.156	4.220
1 a 2	0.000	2.174	2.174	3.261	4.348
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.017	0.017
1 a 0.25	0.000	2.494	2.982	3.358	4.482
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	1.813	3.700

Gráfica 121.-Butirato de metilo en hexano a 25°C

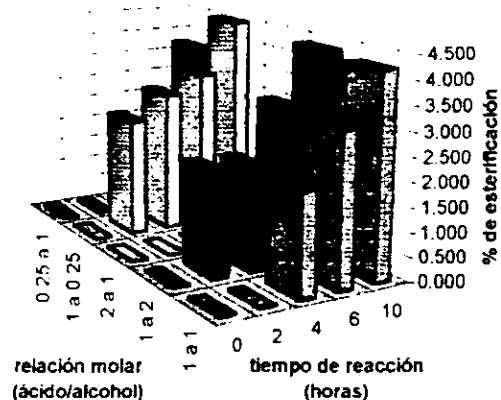


Tabla 122 -Butirato de metilo en heptano a 25°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.127	4.277	5.353
1 a 2	0.000	0.000	0.024	1.135	3.357
2 a 1	0.000	0.000	1.290	2.581	3.226
1 a 0.25	0.000	1.136	2.273	3.409	3.409
0.25 a 1	0.000	1.813	1.870	3.700	3.700

Gráfica 122.-Butirato de metilo en heptano a 25°C

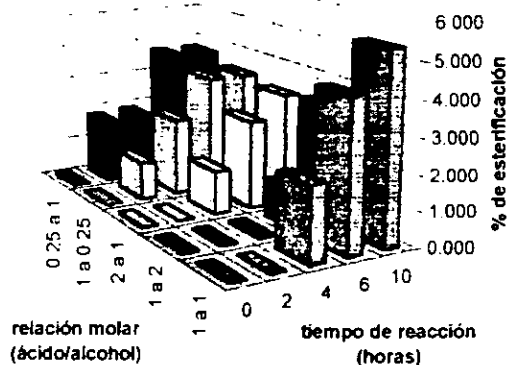


Tabla 123 -Butirato de metilo en hexano a 35°C

r. molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.099	8.791
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.074	8.755
2 a 1	0.000	2.648	2.981	3.323	4.049
1 a 0.25	0.000	3.350	4.348	7.519	7.519
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.036	5.995

Gráfica 123.-Butirato de metilo en hexano a 35°C

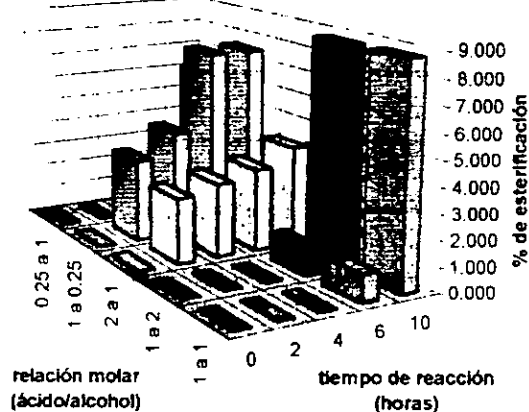


Tabla 124.-Butirato de metilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	6.223	7.230	8.282
1 a 2	0.000	2.174	3.237	5.386	8.623
2 a 1	0.000	0.000	3.879	3.888	3.896
1 a 0.25	0.000	4.545	4.586	6.778	7.794
0.25 a 1	0.000	1.961	3.959	3.997	5.995

Gráfica 124.-Butirato de metilo en heptano a 35°C

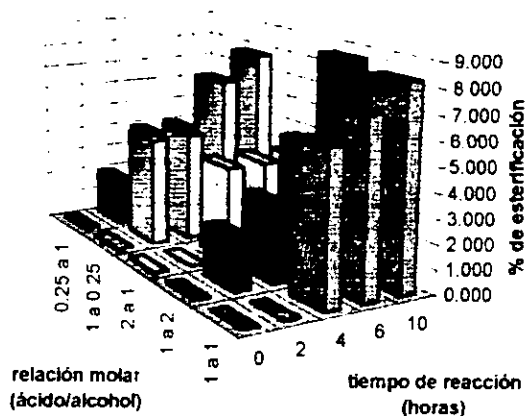


Tabla 125.-Butirato de metilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.058	9.469	14.718
1 a 2	0.000	0.000	0.000	2.174	14.150
2 a 1	0.000	1.316	8.637	9.261	9.261
1 a 0.25	0.000	2.300	14.118	17.647	18.929
0.25 a 1	0.000	3.636	7.305	10.974	12.825

Gráfica 125.-Butirato de metilo en hexano a 45°C

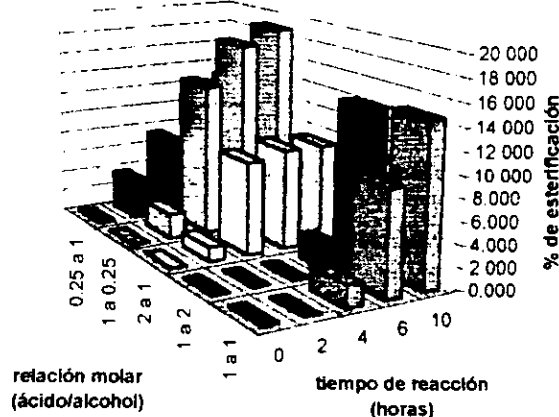


Tabla 126.-Butirato de metilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	6.223	11.440	13.453
1 a 2	0.000	0.000	2.115	4.254	13.932
2 a 1	0.000	2.597	6.158	7.792	9.133
1 a 0.25	0.000	4.533	5.682	12.500	18.207
0.25 a 1	0.000	7.407	11.177	11.243	13.161

Gráfica 126.-Butirato de metilo en heptano a 45°C

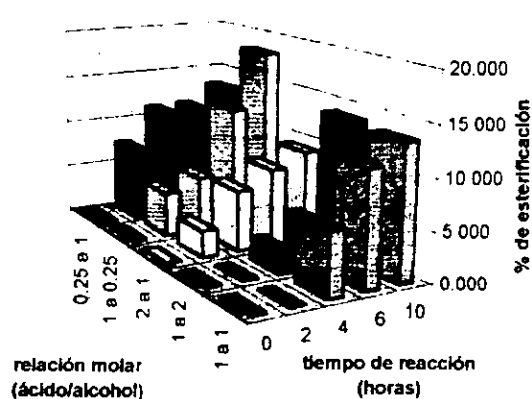


Tabla 127.-Butirato de metilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reaccion (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	12.129	14.653	19.330	29.773
1 a 2	0.000	8.169	19.464	27.388	28.347
2 a 1	0.000	4.976	9.940	15.529	17.369
1 a 0.25	0.000	0.000	11.452	18.933	30.915
0.25 a 1	0.000	0.000	19.966	30.842	32.593

Gráfica 127.-Butirato de metilo en hexano a 55°C

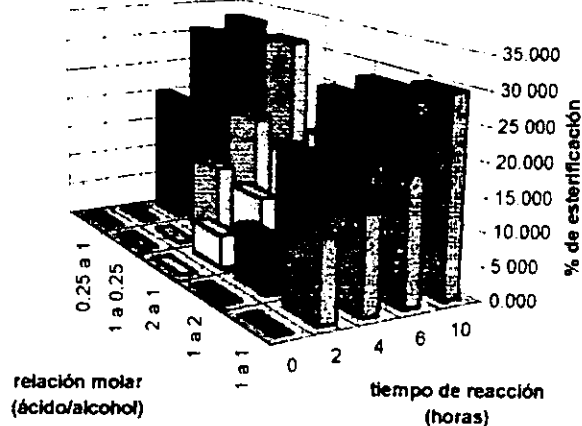


Tabla 128.-Butirato de metilo en heptano a 55°C

r molar	tiempo de reaccion (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	10.701	29.356
1 a 2	0.000	0.000	0.000	32.279	46.373
2 a 1	0.000	0.649	14.764	16.699	17.353
1 a 0.25	0.000	0.000	10.953	18.771	32.338
0.25 a 1	0.000	0.000	18.148	32.660	30.774

Gráfica 128.-Butirato de metilo en heptano a 55°C

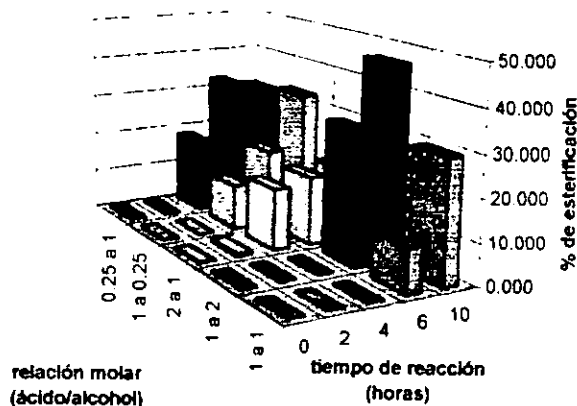


Tabla 129.-Butirato de metilo en hexano a 65°C

r molar	tiempo de reaccion (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.128	17.021	19.149	42.553
1 a 2	0.000	0.000	9.536	37.469	42.798
2 a 1	0.000	0.000	12.605	19.898	26.538
1 a 0.25	0.000	0.000	4.544	31.536	45.056
0.25 a 1	0.000	0.000	13.462	36.538	48.077

Gráfica 129.-Butirato de metilo en hexano a 65°C

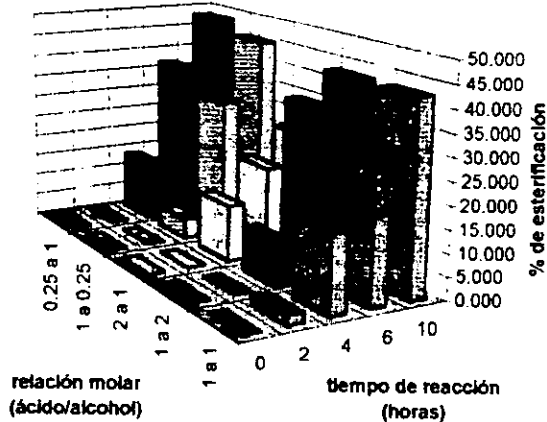


Tabla 130.-Butirato de metilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	5.857	12.718	31.999	44.418
1 a 2	0.000	0.000	0.000	23.829	44.458
2 a 1	0.000	0.000	11.980	17.617	24.708
1 a 0.25	0.000	3.409	18.283	35.379	45.682
0.25 a 1	0.000	10.440	12.598	20.879	45.487

Gráfica 130.-Butirato de metilo en heptano a 65°C

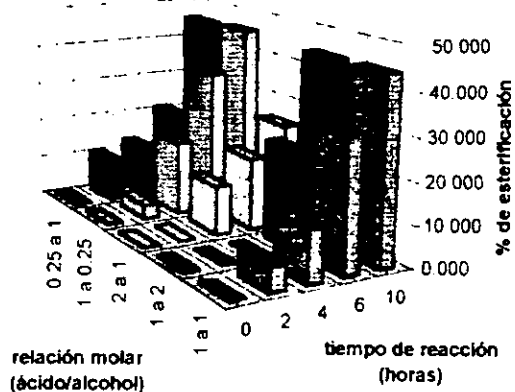


Tabla 131.-Butirato de etilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.744	2.744	3.661	4.579
1 a 2	0.000	0.000	3.371	5.618	4.443
2 a 1	0.000	1.194	1.194	3.589	3.589
1 a 0.25	0.000	0.000	0.027	2.380	4.733
0.25 a 1	0.000	0.227	2.273	2.045	2.045

Gráfica 131.-Butirato de etilo en hexano a 25°C

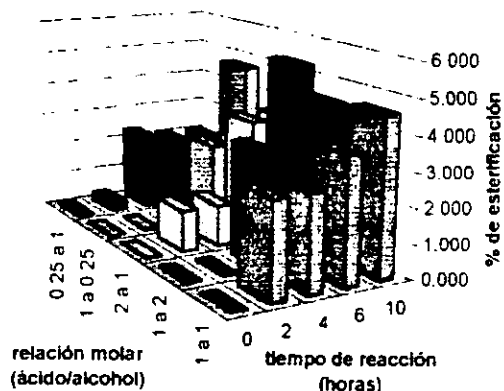


Tabla 132.-Butirato de etilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.744	3.661	3.661
1 a 2	0.000	1.136	3.409	4.545	4.545
2 a 1	0.000	0.000	2.428	3.034	3.034
1 a 0.25	0.000	1.149	2.299	4.598	5.747
0.25 a 1	0.000	1.826	2.326	2.326	4.477

Gráfica 132.-Butirato de etilo en heptano a 25°C

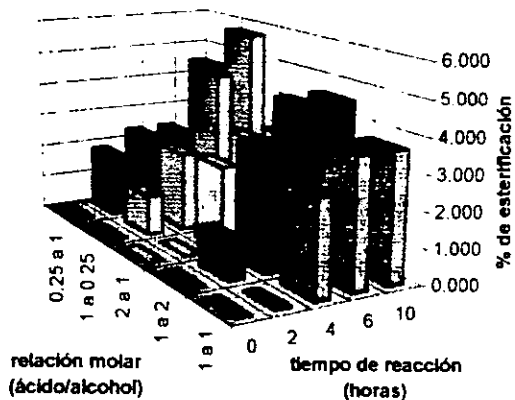


Tabla 133.-Butirato de etilo en hexano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	8.131	9.949
1 a 2	0.000	0.000	7.826	8.937	11.159
2 a 1	0.000	0.000	0.000	4.224	7.236
1 a 0.25	0.000	0.000	0.980	8.824	10.915
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.436	9.936

Gráfica 133.-Butirato de etilo en hexano a 35°C

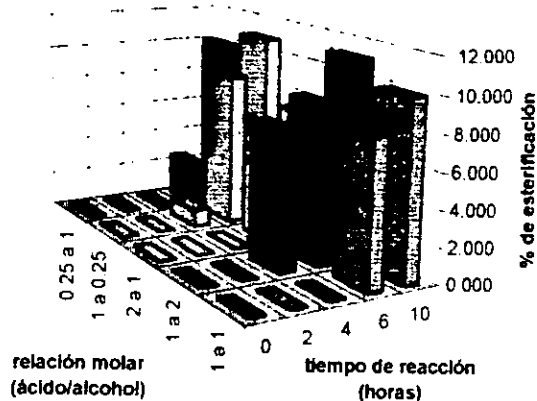


Tabla 134 -Butirato de etilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.695	5.538	7.390	10.168
1 a 2	0.000	0.000	0.048	6.715	11.159
2 a 1	0.000	0.000	0.000	4.826	7.236
1 a 0.25	0.000	4.571	5.693	10.264	11.647
0.25 a 1	0.000	0.000	6.527	6.527	8.800

Gráfica 134.-Butirato de etilo en heptano a 35°C

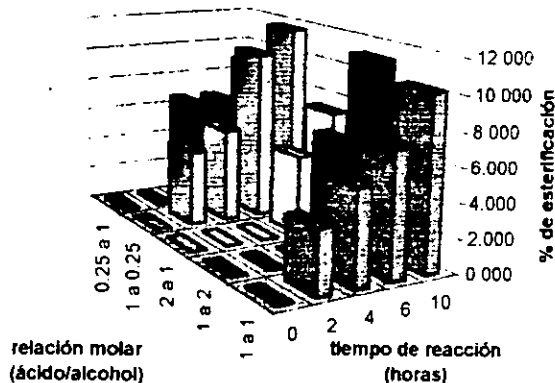


Tabla 135 -Butirato de etilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.636	5.455	13.636	15.455
1 a 2	0.000	0.000	8.333	12.821	18.315
2 a 1	0.000	1.208	2.410	6.783	10.223
1 a 0.25	0.000	0.026	7.955	9.012	20.375
0.25 a 1	0.000	2.236	14.057	14.264	16.382

Gráfica 135.-Butirato de etilo en hexano a 45°C

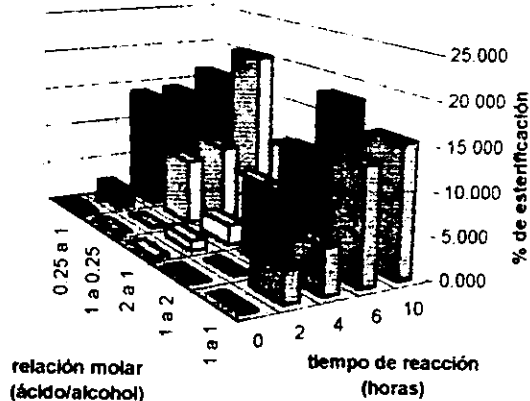


Tabla 136.-Butirato de etilo en heptano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.636	10.000	10.909	14.545
1 a 2	0.000	0.000	0.431	12.259	17.579
2 a 1	0.000	1.814	8.982	7.748	8.936
1 a 0.25	0.000	10.575	17.647	17.688	21.218
0.25 a 1	0.000	5.010	10.278	12.778	13.333

Gráfica 136.-Butirato de etilo en heptano a 45°C

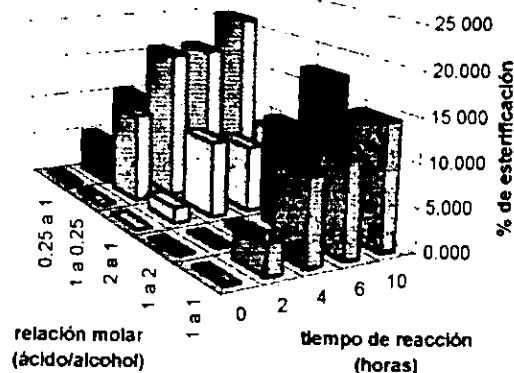


Tabla 137.-Butirato de etilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	16.175	28.780	33.276
1 a 2	0.000	4.583	5.757	8.142	21.853
2 a 1	0.000	0.000	16.265	16.265	20.482
1 a 0.25	0.000	0.000	10.007	35.691	42.379
0.25 a 1	0.000	0.058	12.253	31.823	39.141

Gráfica 137.-Butirato de etilo en hexano a 55°C

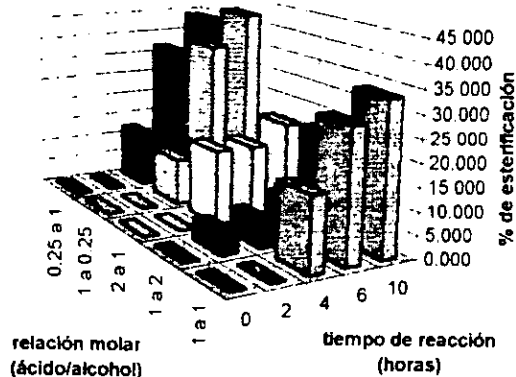


Tabla 138.-Butirato de etilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.942	18.390	28.490	34.003
1 a 2	0.000	4.583	12.575	34.278	41.171
2 a 1	0.000	2.428	15.765	20.022	21.851
1 a 0.25	0.000	0.000	5.980	14.356	45.322
0.25 a 1	0.000	15.568	33.516	33.700	41.392

Gráfica 138.-Butirato de etilo en heptano a 55°C

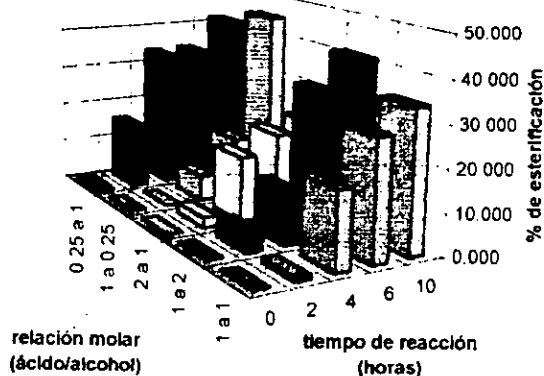


Tabla 139.-Butirato de etilo en hexano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	4.553	17.380	31.055	44.783
1 a 2	0.000	4.285	10.495	24.813	47.264
2 a 1	0.000	0.000	10.325	26.086	30.340
1 a 0.25	0.000	0.039	16.436	51.398	49.190
0.25 a 1	0.000	10.000	22.778	23.056	43.889

Gráfica 139.-Butirato de etilo en hexano a 65°C

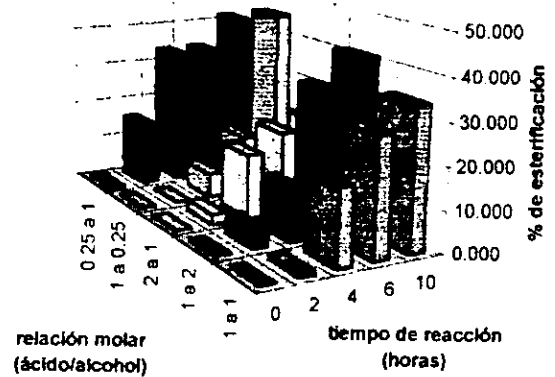


Tabla 140.-Butirato de etilo en heptano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	9.949	30.833	39.796	44.291
1 a 2	0.000	2.194	6.805	48.824	52.155
2 a 1	0.000	5.469	12.143	24.268	29.127
1 a 0.25	0.000	0.000	20.780	38.313	48.129
0.25 a 1	0.000	9.091	18.232	29.646	43.434

Gráfica 140.-Butirato de etilo en heptano a 65°C

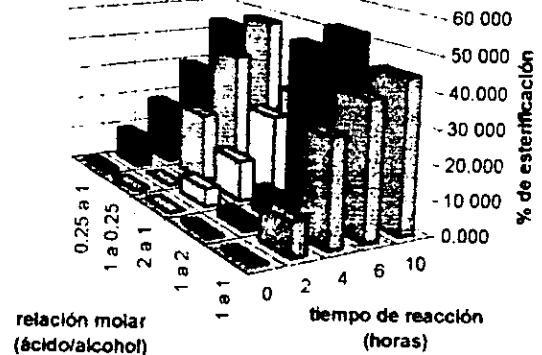


Tabla 141.-Butirato de n-propilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.056	1.750	3.445	5.140
1 a 2	0.000	0.000	4.255	6.383	6.427
2 a 1	0.000	0.000	1.010	2.010	2.010
1 a 0.25	0.000	2.439	2.552	2.983	3.227
0.25 a 1	0.000	3.704	3.704	3.836	3.836

Gráfica 141.-Butirato de n-propilo en hexano a 25°C

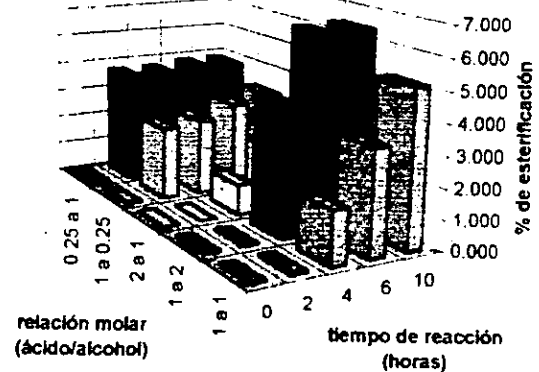


Tabla 142.-Butirato de n-propilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.027	0.027	0.027
1 a 2	0.000	1.923	3.846	3.846	3.846
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Gráfica 142.-Butirato de n-propilo en heptano a 25°C

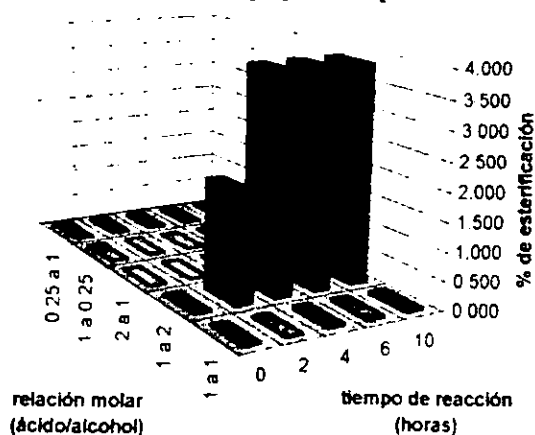


Tabla 143.-Butirato de n-propilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.491	6.491	8.158
1 a 2	0.000	0.000	2.081	4.209	8.418
2 a 1	0.000	0.000	1.074	3.157	3.168
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	0.000	6.905
0.25 a 1	0.000	0.294	3.050	6.499	6.101

Gráfica 143.-Butirato de n-propilo en hexano a 35°C

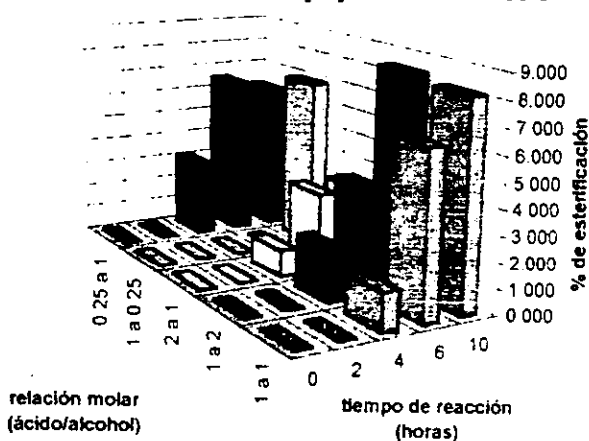


Tabla 144.-Butirato de n-propilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.664	8.560
1 a 2	0.000	2.081	4.209	6.337	8.418
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 0.25	0.000	0.000	4.756	9.634	12.073
0.25 a 1	0.000	0.000	0.154	4.154	4.308

Gráfica 144.-Butirato de n-propilo en heptano a 35°C

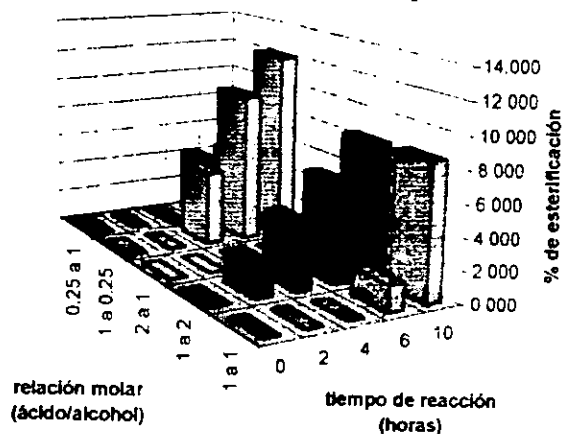




Tabla 145.-Butirato de n-propilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.272	16.435
1 a 2	0.000	0.000	4.388	15.027	19.326
2 a 1	0.000	1.042	6.314	9.439	10.480
1 a 0.25	0.000	4.387	4.545	6.607	11.152
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	2.857	9.524

Gráfica 145.-Butirato de n-propilo en hexano a 45°C

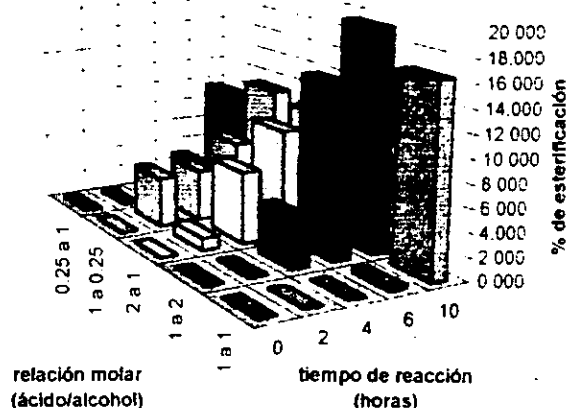


Tabla 146.-Butirato de n-propilo en heptano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	4.807	6.391	12.892
1 a 2	0.000	0.000	0.000	11.397	15.196
2 a 1	0.000	3.000	4.939	6.939	9.939
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	4.983	16.888
0.25 a 1	0.000	0.000	6.190	9.524	12.857

Gráfica 146.-Butirato de n-propilo en heptano a 45°C

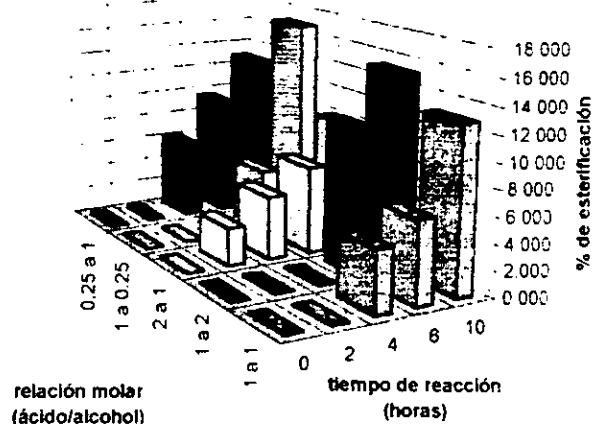


Tabla 147.-Butirato de n-propilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.294	7.737	30.457
1 a 2	0.000	2.348	7.043	9.391	40.000
2 a 1	0.000	0.080	12.221	17.272	18.322
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	13.621	39.203
0.25 a 1	0.000	6.275	6.878	28.439	31.746

Gráfica 147.-Butirato de n-propilo en hexano a 55°C

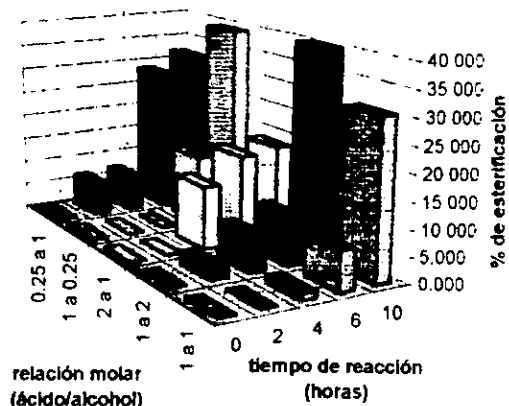


Tabla 148 -Butirato de n-propilo en heptano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	9.491	37.245	28.818
1 a 2	0.000	8.638	8.894	15.404	41.064
2 a 1	0.000	0.000	5.254	15.458	18.580
1 a 0.25	0.000	2.738	3.095	18.214	40.714
0.25 a 1	0.000	3.704	9.834	27.331	33.716

Gráfica 148.-Butirato de n-propilo en heptano a 55°C

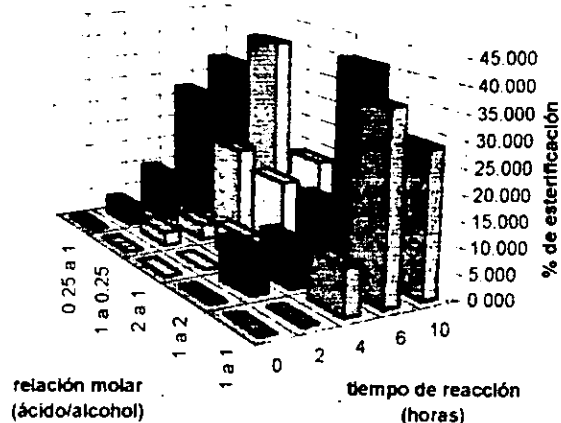


Tabla 149 -Butirato de n-propilo en hexano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	34.426	37.705	47.541
1 a 2	0.000	0.000	13.462	15.064	46.795
2 a 1	0.000	3.029	16.615	25.317	27.325
1 a 0.25	0.000	4.762	16.667	23.810	42.857
0.25 a 1	0.000	0.000	16.774	40.215	50.215

Gráfica 149.-Butirato de n-propilo en hexano a 65°C

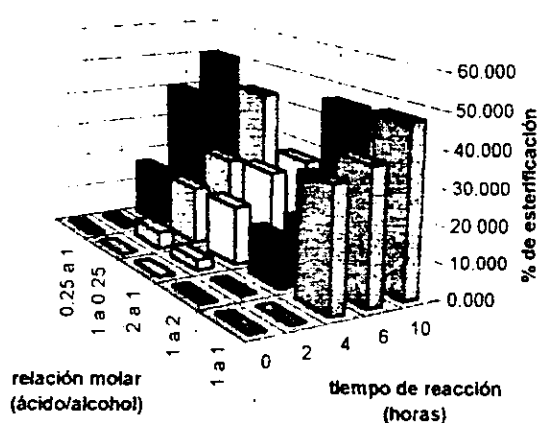


Tabla 150 -Butirato de n-propilo en heptano a 65°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	8.705	27.925	45.336	48.785
1 a 2	0.000	0.409	4.869	18.249	45.908
2 a 1	0.000	10.172	17.186	25.317	27.325
1 a 0.25	0.000	4.762	28.571	42.857	47.619
0.25 a 1	0.000	14.631	25.346	25.691	39.977

Gráfica 150.-Butirato de n-propilo en heptano a 65°C

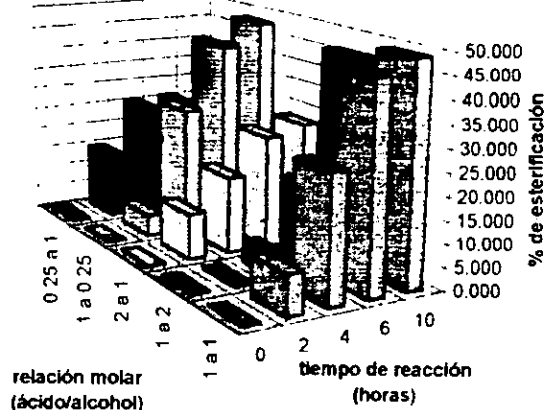


Tabla 151 -Butirato de isopropilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	3.636
1 a 2	0.000	0.000	2.083	4.167	4.167
2 a 1	0.000	0.023	1.087	1.110	2.174
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	1.299	3.896
0.25 a 1	0.000	0.000	3.226	6.452	6.452

Gráfica 151.-Butirato de isopropilo en hexano a 25°C

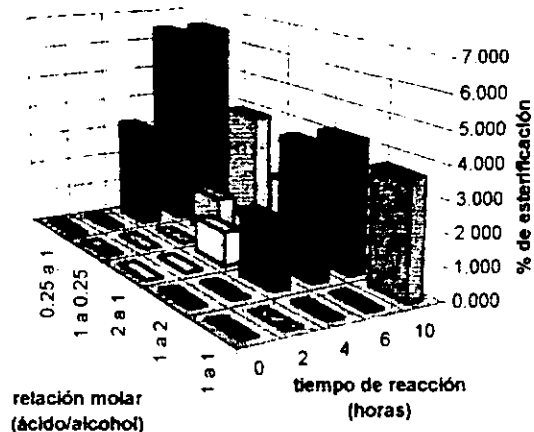


Tabla 152 -Butirato de isopropilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	1.753	3.539
1 a 2	0.000	0.000	0.000	0.000	1.998
2 a 1	0.000	1.134	2.233	3.298	3.298
1 a 0.25	0.000	0.000	0.017	0.034	2.649
0.25 a 1	0.000	0.000	3.030	3.030	6.061

Gráfica 152.-Butirato de isopropilo en heptano a 25°C

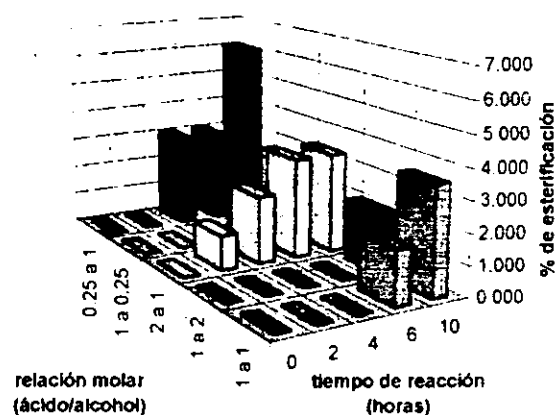


Tabla 153 -Butirato de isopropilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.961	3.143	6.533
1 a 2	0.000	0.083	4.250	6.333	8.500
2 a 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1 a 0.25	0.000	0.018	1.368	1.368	4.035
0.25 a 1	0.000	0.018	3.125	3.125	6.434

Gráfica 153.-Butirato de isopropilo en hexano a 35°C

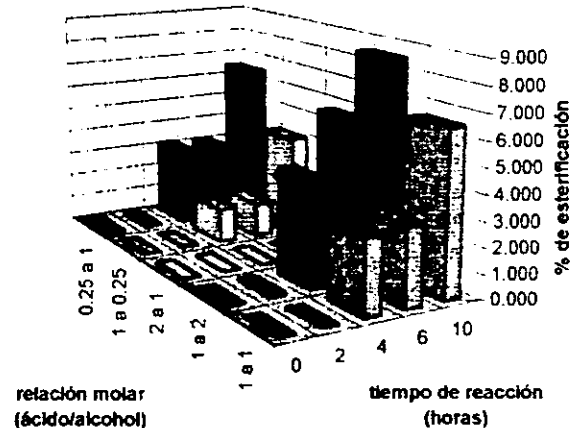


Tabla 154.-Butirato de isopropilo en heptano a 35°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.753	1.786	3.506	7.078
1 a 2	0.000	2.255	4.383	8.638	8.638
2 a 1	0.000	0.000	0.024	2.222	4.419
1 a 0.25	0.000	4.038	5.351	5.368	5.368
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	3.030	6.150

Gráfica 154.- butirato de isopropilo en heptano a 35°C

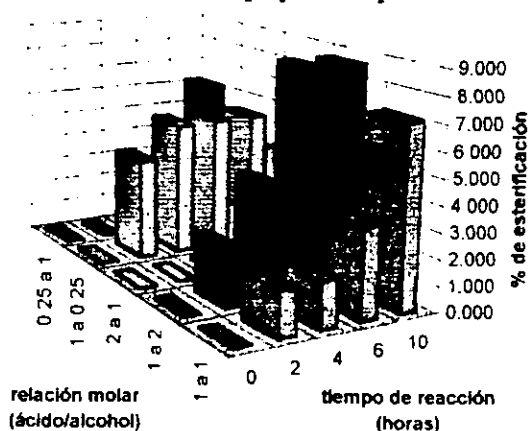


Tabla 155.-Butirato de isopropilo en hexano a 45°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	3.665	5.451	14.380
1 a 2	0.000	10.204	12.245	12.245	12.245
2 a 1	0.000	1.087	1.099	2.222	8.827
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	1.447	11.974
0.25 a 1	0.000	0.000	0.476	5.430	10.952

Gráfica 155.-Butirato de isopropilo en hexano a 45°C

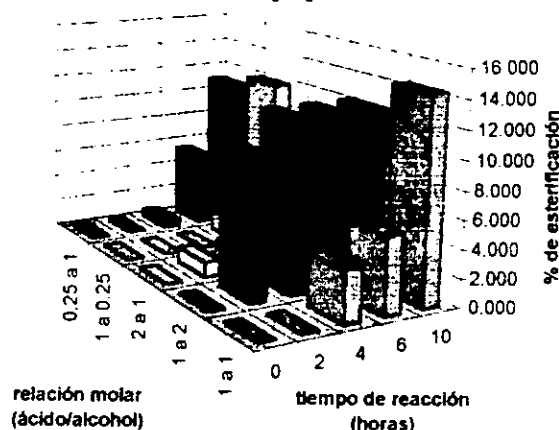


Tabla 156.-Butirato de isopropilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.880	9.023	16.165
1 a 2	0.000	10.204	11.327	14.286	14.286
2 a 1	0.000	0.000	4.313	7.504	8.567
1 a 0.25	0.000	0.000	3.945	6.591	11.786
0.25 a 1	0.000	2.941	3.025	3.025	6.050

Gráfica 156.-Cinética de esterificación para butirato de isopropilo a 45°C\*

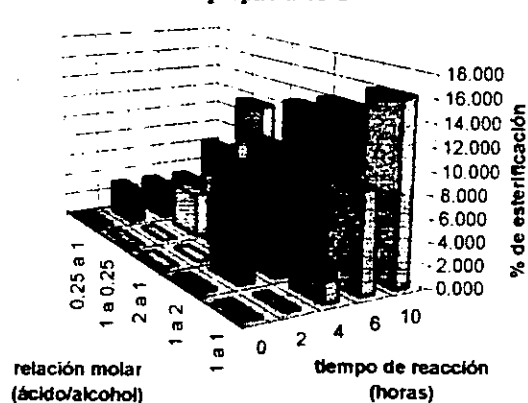


Tabla 157.-Butirato de isopropilo en hexano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.786	21.491	21.554	32.331
1 a 2	0.000	0.000	16.912	21.201	36.029
2 a 1	0.000	0.000	11.148	15.604	20.073
1 a 0.25	0.000	0.000	9.262	18.489	23.787
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	8.504	26.686

Gráfica 157.-Cinética de esterificación para butirato de isopropilo a 55°C\*

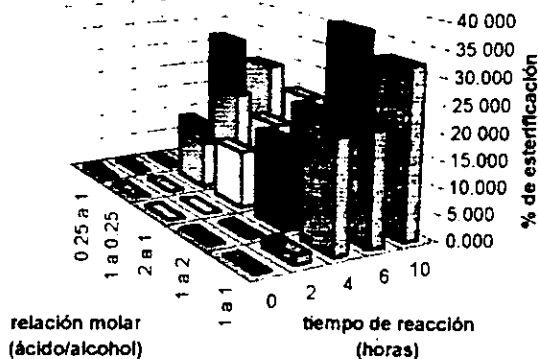


Tabla 158.-Butirato de isopropilo en heptano a 55°C

r molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	7.143	21.491	26.911	32.331
1 a 2	0.000	6.202	18.527	26.771	35.094
2 a 1	0.000	0.000	12.088	16.484	19.780
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	15.584	22.078
0.25 a 1	0.000	0.215	10.323	23.656	30.323

Gráfica 158.-Cinética de esterificación para butirato de isopropilo a 55°C\*

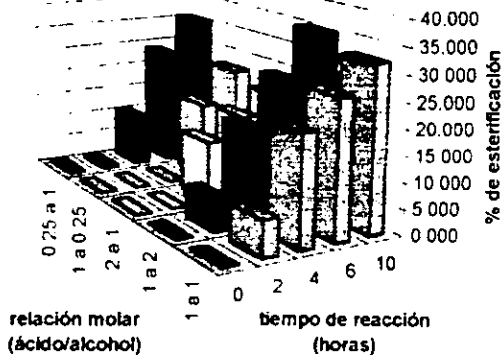


Tabla 159.-Butirato de isopropilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac /al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	15.254	45.763	54.237
1 a 2	0.000	0.000	32.039	40.118	48.196
2 a 1	0.000	4.503	16.842	20.292	30.351
1 a 0.25	0.000	2.666	31.647	34.296	35.629
0.25 a 1	0.000	12.847	25.694	29.167	41.667

Gráfica 159.-Cinética de esterificación para butirato de isopropilo a 65°C\*

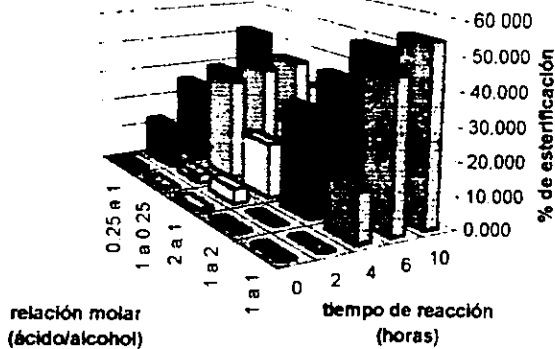


Tabla 160.-Butirato de isopropilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	4.972	28.305	41.638	53.305
1 a 2	0.000	6.202	30.692	36.975	45.298
2 a 1	0.000	0.000	24.016	29.519	29.554
1 a 0.25	0.000	10.560	11.910	18.506	35.629
0.25 a 1	0.000	0.079	17.302	31.667	37.381

Gráfica 160.-Butirato de isopropilo en heptano a 65°C

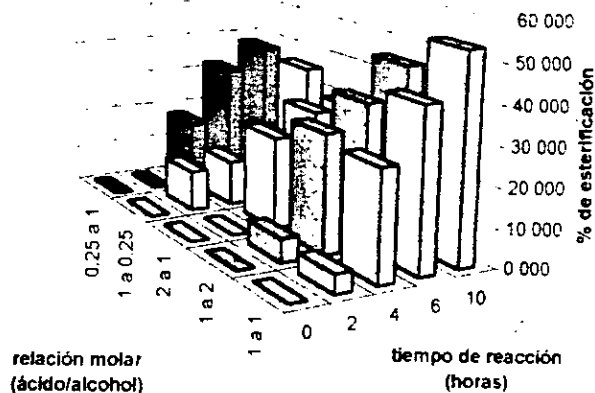


Tabla 161.-Butirato de n-butilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	1.136	1.136	2.273
1 a 2	0.000	0.000	0.000	1.250	3.765
2 a 1	0.000	0.000	0.899	4.603	4.603
1 a 0.25	0.000	1.587	4.762	4.762	4.811
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.478	4.182

Gráfica 161.-Butirato de n-butilo en hexano a 25°C

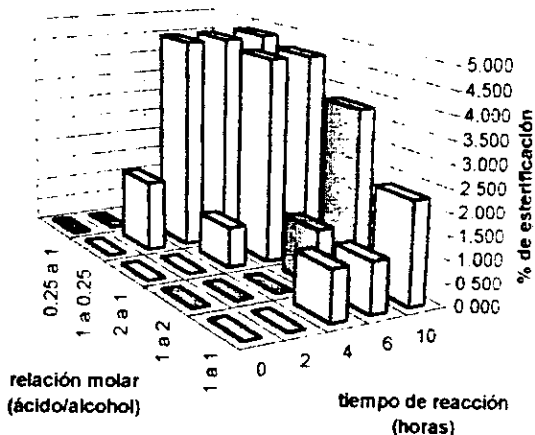
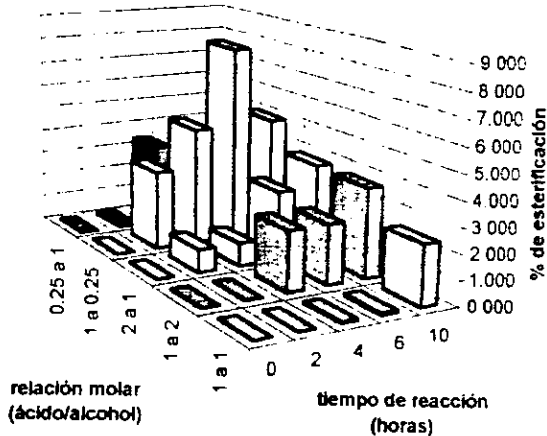


Tabla 162.-Butirato de n-butilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.053	0.079	2.405
1 a 2	0.000	0.000	2.439	2.439	3.643
2 a 1	0.000	0.934	0.934	2.821	3.756
1 a 0.25	0.000	3.226	4.839	8.065	4.913
0.25 a 1	0.000	0.108	3.333	3.441	3.441

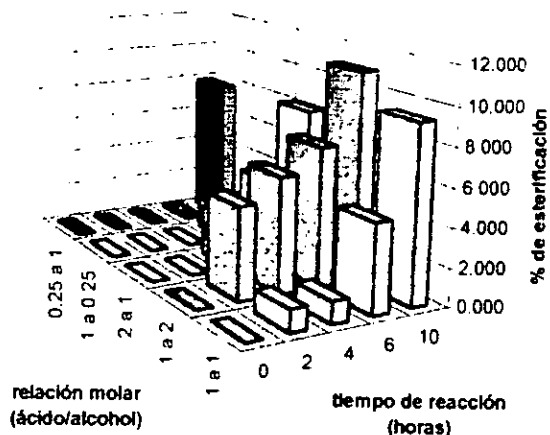
Gráfica 162.-Butirato de n-butilo en heptano a 25°C



**Tabla 163.-Butirato de n-butilo en hexano a 35°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.163	1.149	4.624	9.261
1 a 2	0.000	4.863	6.067	7.287	10.945
2 a 1	0.000	0.000	2.659	4.443	8.079
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	1.694	1.694
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.142	7.835

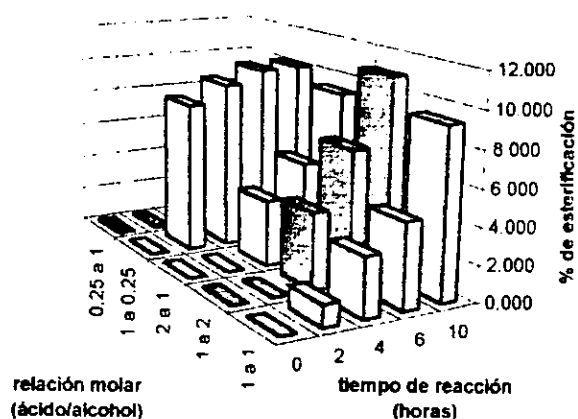
**Gráfica 163.-Butirato de n-butilo en hexano a 35°C**



**Tabla 164.-Butirato de n-butilo en heptano a 35°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.163	3.218	4.624	9.261
1 a 2	0.000	0.000	4.196	7.287	10.945
2 a 1	0.000	0.000	3.669	5.503	9.207
1 a 0.25	0.000	8.333	9.324	10.027	10.082
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	0.142	7.835

**Gráfica 164.-Butirato de n-butilo en heptano a 35°C**



**Tabla 165.-Butirato de n-butilo en hexano a 45°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	4.598	12.644	14.943	14.943
1 a 2	0.000	0.000	8.642	11.111	14.815
2 a 1	0.000	0.000	8.075	9.869	11.663
1 a 0.25	0.000	3.226	14.593	16.231	16.257
0.25 a 1	0.000	10.000	7.095	9.524	12.857

**Gráfica 165.-Butirato de n-butilo en hexano a 45°C**

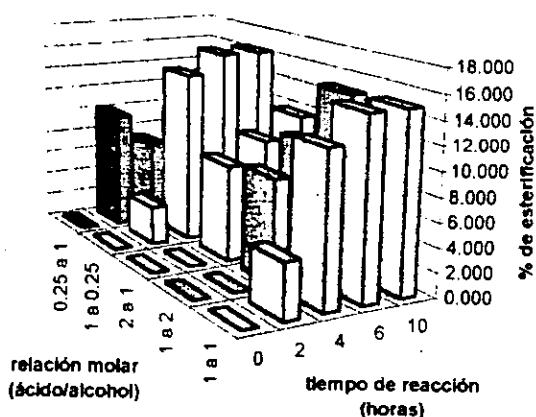


Tabla 166.-Butirato de n-butilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.149	8.046	10.345	13.793
1 a 2	0.000	4.863	14.604	15.793	15.778
2 a 1	0.000	0.000	4.854	8.662	11.527
1 a 0.25	0.000	3.279	11.632	11.684	18.293
0.25 a 1	0.000	7.407	7.540	7.672	7.672

Gráfica 166.-Butirato de n-butilo en heptano a 45°C

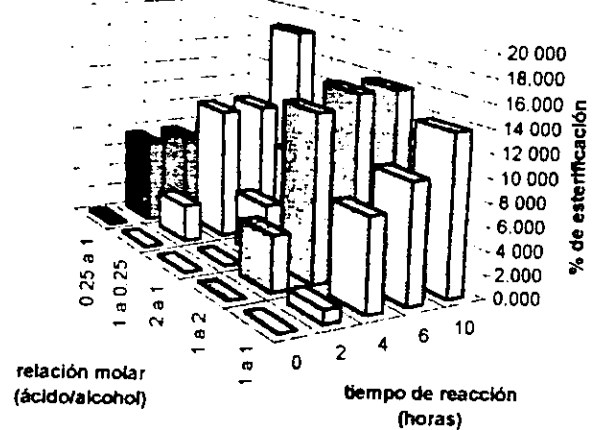


Tabla 167.-Butirato de n-butilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	1.163	19.942	30.670	34.509
1 a 2	0.000	0.000	8.246	11.789	34.321
2 a 1	0.000	0.000	6.844	20.086	28.576
1 a 0.25	0.000	1.536	34.844	37.993	39.555
0.25 a 1	0.000	7.011	10.575	24.368	31.379

Gráfica 167.-Butirato de n-butilo en hexano a 55°C

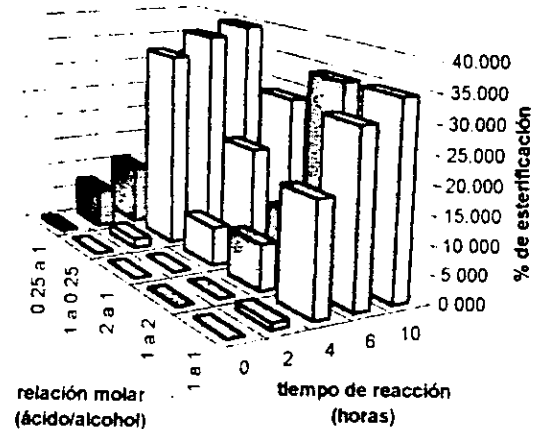


Tabla 168.-Butirato de n-butilo en heptano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	5.556	15.627	21.290	32.545
1 a 2	0.000	3.659	34.146	35.366	37.805
2 a 1	0.000	0.000	10.000	20.909	28.182
1 a 0.25	0.000	26.933	41.193	45.904	45.904
0.25 a 1	0.000	0.238	18.333	21.905	22.143

Gráfica 168.-Butirato de n-butilo en heptano a 55°C

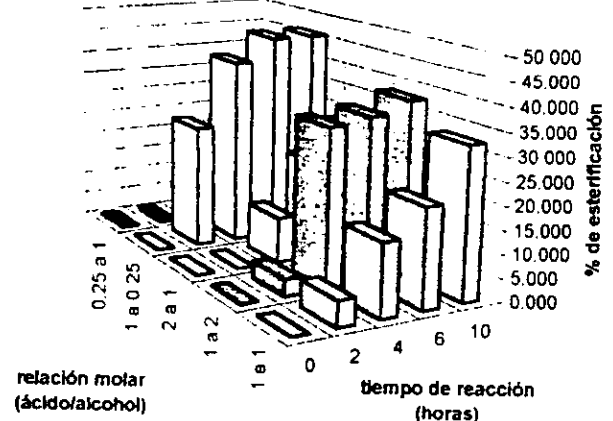




Tabla 169.-Butirato de n-butilo en hexano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	3.346	8.950	17.863	43.468
1 a 2	0.000	9.237	16.983	43.490	48.779
2 a 1	0.000	0.000	7.477	15.888	38.318
1 a 0.25	0.000	3.571	21.984	30.397	40.635
0.25 a 1	0.000	6.190	9.286	42.619	42.619

Gráfica 169.-Butirato de n-butilo en hexano a 65°C

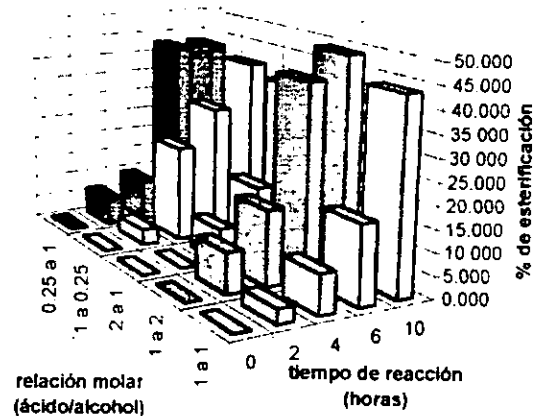


Tabla 170.-Butirato de n-butilo en heptano a 65°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	10.012	21.172	38.974	43.468
1 a 2	0.000	0.145	3.862	39.199	47.822
2 a 1	0.000	0.000	8.912	22.978	37.043
1 a 0.25	0.000	3.435	29.716	39.604	43.039
0.25 a 1	0.000	5.760	8.641	29.378	40.899

Gráfica 170.-Butirato de n-butilo en heptano a 65°C

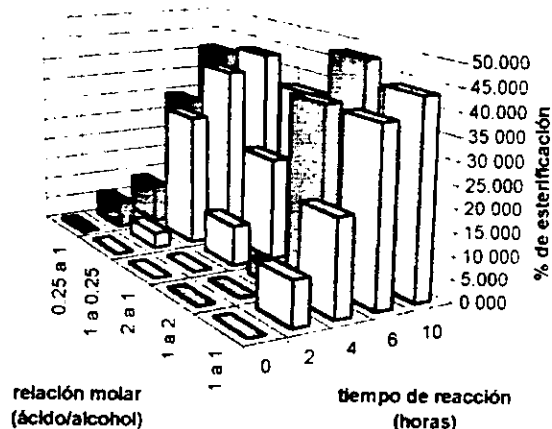


Tabla 171.-Butirato de bencilo en hexano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.725	1.454	2.179	5.078
1 a 2	0.000	0.018	1.580	1.598	4.723
2 a 1	0.000	1.266	3.766	5.023	6.600
1 a 0.25	0.000	0.000	1.646	4.125	5.778
0.25 a 1	0.000	0.000	0.000	1.606	4.683

Gráfica 171.-Butirato de bencilo en hexano a 25°C

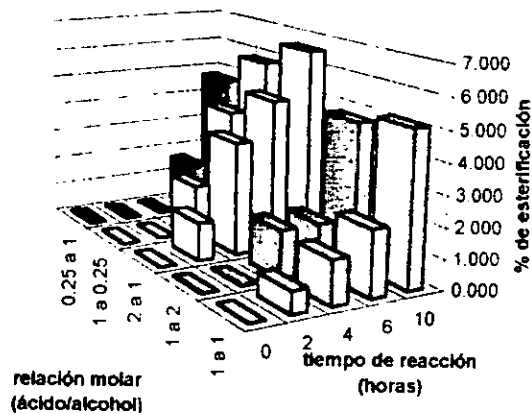


Tabla 172.-Butirato de bencilo en heptano a 25°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.016	3.692	4.428
1 a 2	0.000	0.811	1.599	4.772	4.772
2 a 1	0.000	1.960	2.459	3.123	5.526
1 a 0.25	0.000	0.806	2.392	2.392	5.215
0.25 a 1	0.000	0.000	2.222	3.007	4.500

Gráfica 172.-Butirato de bencilo en heptano a 25°C

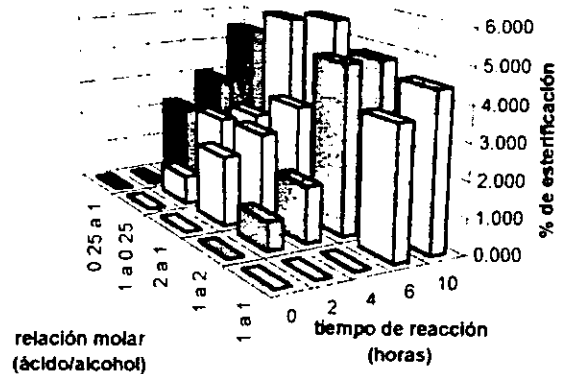


Tabla 173.-Butirato de bencilo en hexano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.037	3.426	7.546	9.630
1 a 2	0.000	2.344	8.594	11.725	11.731
2 a 1	0.000	1.875	6.250	8.125	8.125
1 a 0.25	0.000	0.000	1.667	5.833	10.000
0.25 a 1	0.000	1.515	3.053	7.598	10.629

Gráfica 173.-Butirato de bencilo en hexano a 35°C

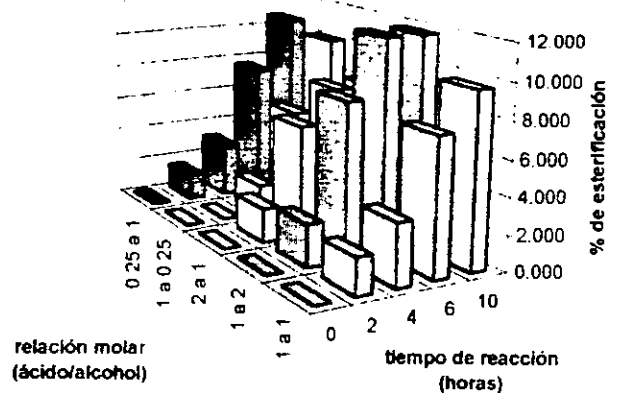


Tabla 174.-Butirato de bencilo en heptano a 35°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	2.909	6.548	10.197
1 a 2	0.000	0.000	10.769	12.302	14.603
2 a 1	0.000	0.000	7.762	9.073	9.073
1 a 0.25	0.000	0.826	0.820	5.771	9.890
0.25 a 1	0.000	1.493	1.493	2.985	10.448

Gráfica 174.-Butirato de bencilo en heptano a 35°C

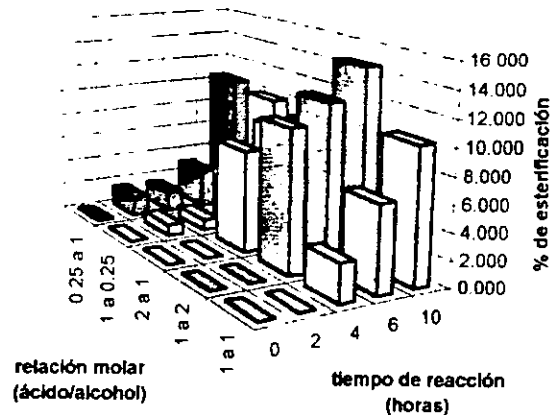


Tabla 175.-Butirato de bencilo en hexano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	2.163	9.404	11.573	13.726
1 a 2	0.000	0.000	9.894	12.179	14.457
2 a 1	0.000	3.185	4.991	8.134	11.255
1 a 0.25	0.000	0.000	7.563	11.165	15.126
0.25 a 1	0.000	3.291	11.228	14.402	19.164

Gráfica 175.-Butirato de bencilo en hexano a 45°C

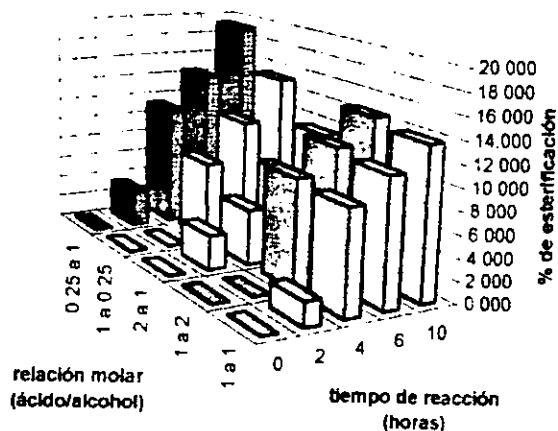


Tabla 176.-Butirato de bencilo en heptano a 45°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	0.000	3.698	14.014
1 a 2	0.000	1.692	5.154	9.850	13.846
2 a 1	0.000	0.000	10.996	10.979	11.603
1 a 0.25	0.000	0.000	0.000	10.511	35.101
0.25 a 1	0.000	5.672	12.815	14.244	17.101

Gráfica 176.-Butirato de bencilo en heptano a 45°C

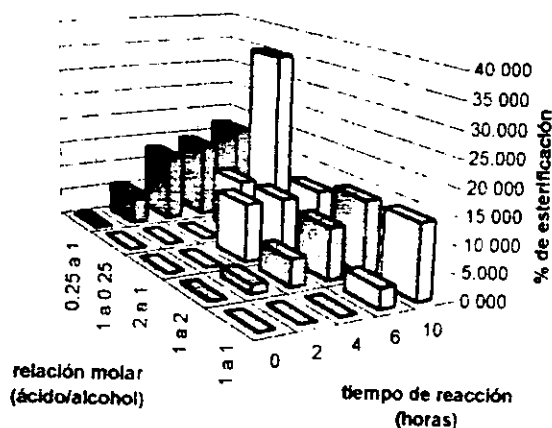
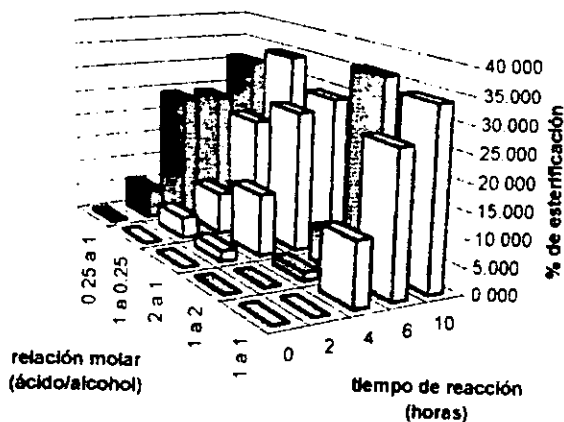


Tabla 177.-Butirato de bencilo en hexano a 55°C

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	12.038	27.029	33.778
1 a 2	0.000	0.000	1.649	6.448	35.851
2 a 1	0.000	1.956	11.763	26.715	28.688
1 a 0.25	0.000	4.000	7.955	21.984	34.323
0.25 a 1	0.000	5.714	24.066	23.956	30.879

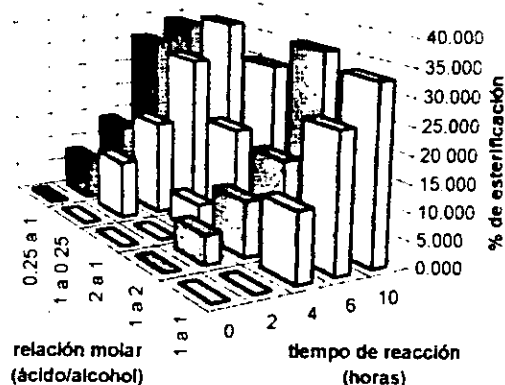
Gráfica 177.-Butirato de bencilo en hexano a 55°C



**Tabla 178.-Butirato de bencilo en heptano a 55°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	0.000	12.856	25.547	32.847
1 a 2	0.000	5.512	10.349	16.585	35.501
2 a 1	0.000	0.021	5.489	18.777	30.098
1 a 0.25	0.000	10.833	17.634	29.355	36.156
0.25 a 1	0.000	7.692	13.846	30.769	33.846

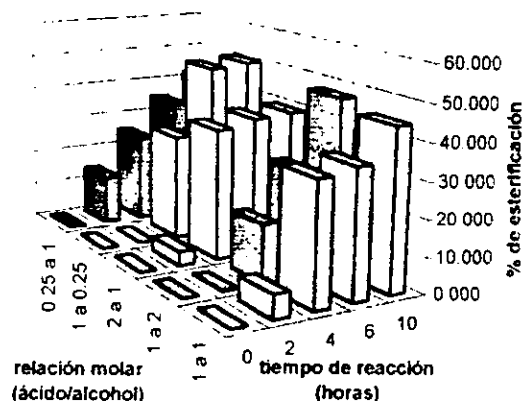
Gráfica 178.-Butirato de bencilo en heptano a 55°C



**Tabla 179.-Butirato de bencilo en hexano a 65°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.672	34.085	35.610	44.532
1 a 2	0.000	0.063	16.176	28.989	47.389
2 a 1	0.000	3.871	36.774	38.710	39.355
1 a 0.25	0.000	0.000	30.055	49.242	50.083
0.25 a 1	0.000	13.978	25.032	34.678	41.613

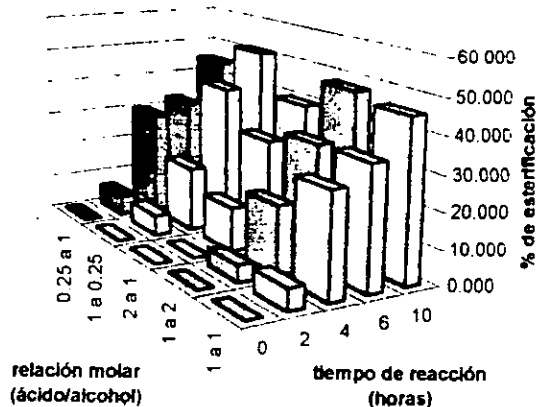
Gráfica 179.-Butirato de bencilo en hexano a 65°C



**Tabla 180.-Butirato de bencilo en heptano a 65°C**

r.molar	tiempo de reacción (horas)				
ac./al.	0	2	4	6	10
1 a 1	0.000	6.032	29.356	34.752	45.378
1 a 2	0.000	4.793	19.135	34.221	47.713
2 a 1	0.000	0.000	12.375	30.242	39.527
1 a 0.25	0.000	5.678	18.592	41.316	51.058
0.25 a 1	0.000	5.948	29.783	32.723	44.640

Gráfica 180.-Butirato de bencilo en heptano a 65°C



## 2.- Efecto de la temperatura/relación molar/sistema orgánico empleando esporas como biocatalizador

Tabla 181.-Acetato de metilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.198	6.177	14.070	23.635	33.445
1 a 2	1.212	8.140	15.912	28.432	38.956
2 a 1	0.753	3.874	6.016	12.512	19.728
1 a 0.25	0.000	8.983	15.156	25.055	34.938
0.25 a 1	3.283	9.524	17.500	14.207	32.474

Gráfica 181.-Acetato de metilo en hexano a las 10 horas de reacción

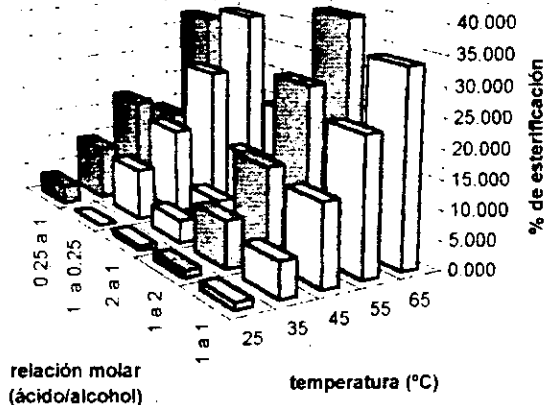


Tabla 182.-Acetato de metilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.222	8.684	11.989	22.321	34.831
1 a 2	2.322	6.856	13.363	20.881	36.400
2 a 1	1.379	4.818	6.692	11.849	20.653
1 a 0.25	1.136	0.000	13.573	16.465	34.113
0.25 a 1	3.133	8.797	18.919	15.751	35.630

Gráfica 182.-Acetato de metilo en heptano a las 10 horas de reacción

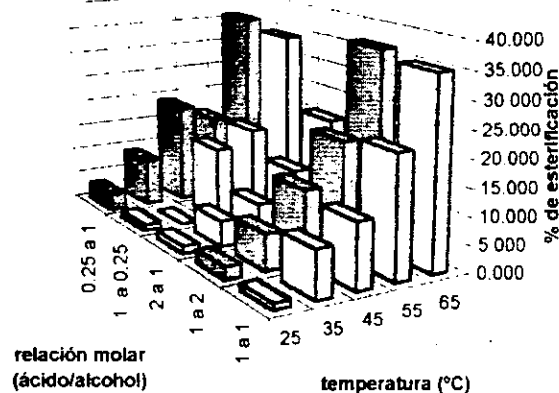


Tabla 183.-Acetato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.691	7.813	11.935	20.809	33.548
1 a 2	3.075	7.417	6.370	22.991	27.412
2 a 1	0.825	7.570	7.417	11.667	18.967
1 a 0.25	1.851	7.959	16.222	23.420	40.000
0.25 a 1	3.125	3.594	10.952	19.118	33.333

Gráfica 183.-Acetato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

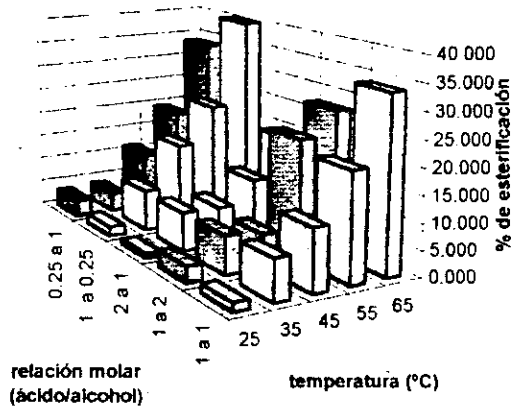


Tabla 184.-Acetato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	3.413	8.274	13.602	19.395	37.862
1 a 2	1.514	5.619	7.757	8.498	31.183
2 a 1	0.840	4.316	6.221	12.500	21.667
1 a 0.25	1.998	9.959	18.000	21.569	35.421
0.25 a 1	3.030	3.025	8.750	19.832	31.818

Gráfica 184.-Acetato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción

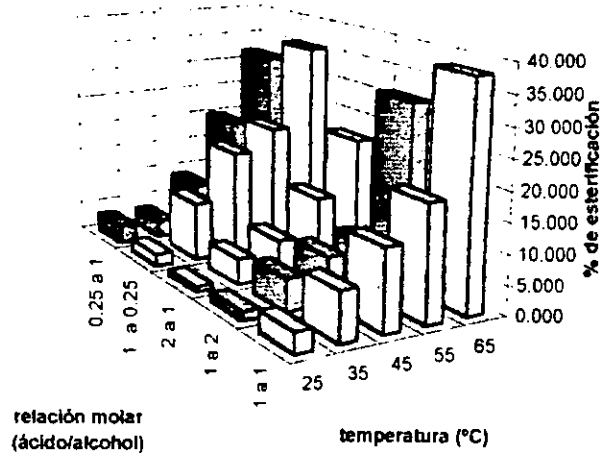


Tabla 185.-Acetato de n-propilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.314	4.485	13.924	23.961	37.729
1 a 2	0.000	9.778	16.023	25.728	40.278
2 a 1	1.257	3.076	7.742	10.467	19.894
1 a 0.25	4.348	7.655	13.702	27.083	41.429
0.25 a 1	3.333	6.736	16.230	17.899	34.926

Gráfica 185.-Acetato de n-propilo en hexano a las 10 horas de reacción

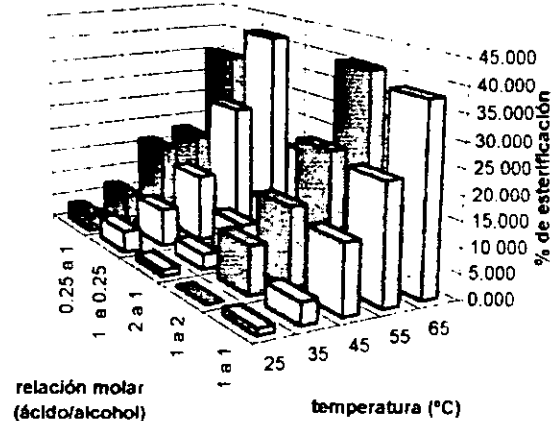
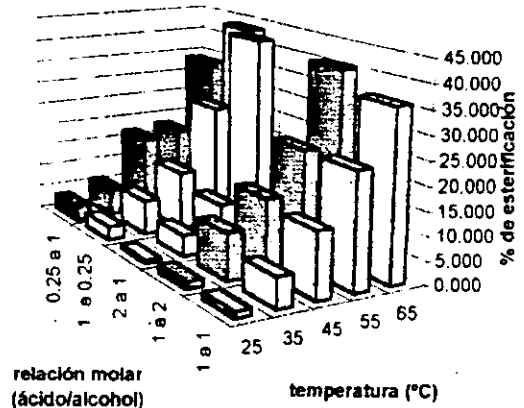


Tabla 186.-Acetato de n-propilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.314	6.506	13.924	24.417	35.897
1 a 2	1.524	9.934	15.721	24.414	40.238
2 a 1	0.628	4.471	9.912	44.187	19.543
1 a 0.25	2.985	7.655	12.684	26.606	43.603
0.25 a 1	3.226	5.882	16.875	17.899	33.601

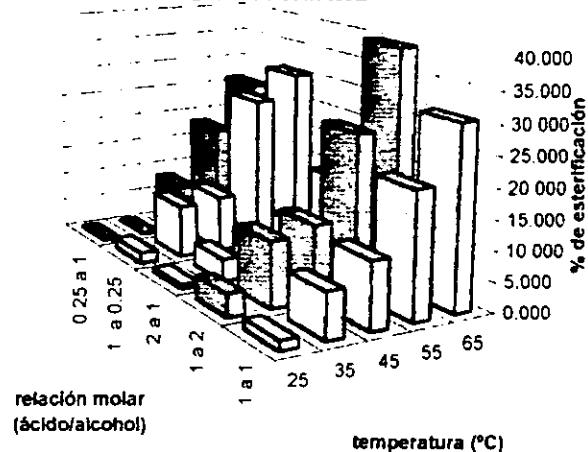
Gráfica 186.-Acetato de n-propilo en heptano a las 10 horas de reacción



**Tabla 187.-Acetato de isopropilo en hexano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.606	7.716	11.261	21.069	30.484
1 a 2	3.846	11.111	12.566	26.593	39.734
2 a 1	0.748	3.810	5.387	7.265	14.234
1 a 0.25	1.753	9.019	9.656	26.190	30.225
0.25 a 1	0.000	0.108	7.976	18.077	26.016

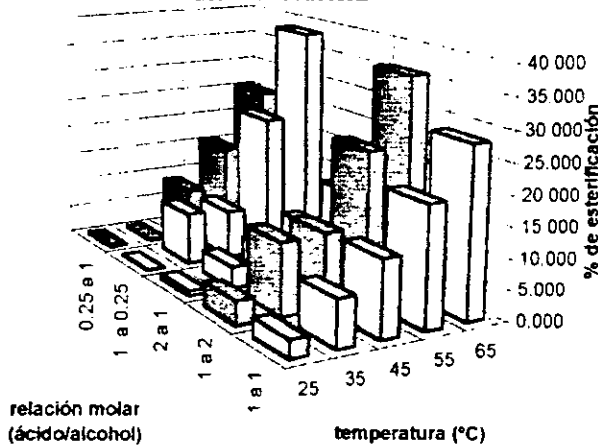
**Gráfica 187.-Acetato de isopropilo en hexano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 188.-Acetato de isopropilo en heptano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.985	7.716	12.579	19.917	28.106
1 a 2	3.922	12.000	12.384	24.668	35.849
2 a 1	0.792	3.709	4.868	8.316	13.057
1 a 0.25	0.000	8.831	8.251	23.675	38.279
0.25 a 1	0.000	0.108	8.425	15.455	25.241

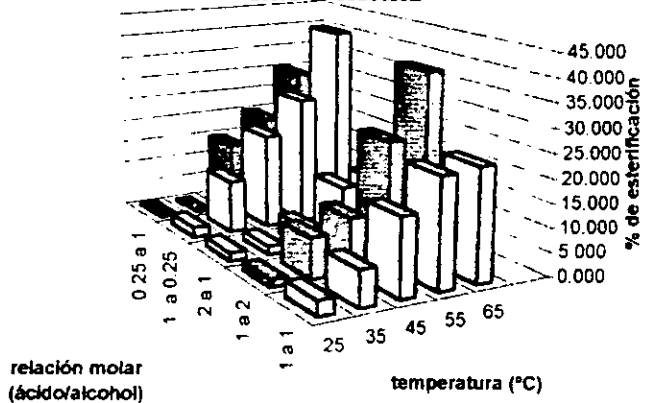
**Gráfica 188.-Acetato de isopropilo en heptano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 189.-Acetato de n-butilo en hexano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	3.226	7.478	16.393	22.972	23.628
1 a 2	1.630	8.475	11.213	25.710	39.255
2 a 1	1.724	1.667	4.258	11.906	12.333
1 a 0.25	2.167	11.293	20.363	27.489	42.030
0.25 a 1	0.278	0.000	14.595	19.872	30.037

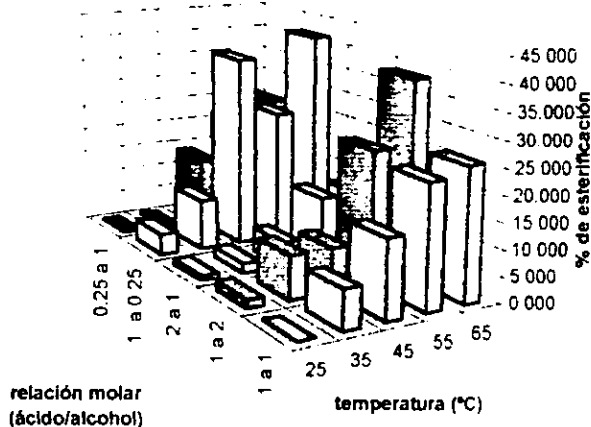
**Gráfica 189.-Acetato de n-butilo en hexano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 190.-Acetato de n-butilo en heptano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	0.000	7.618	15.183	23.939	25.638
1 a 2	1.691	8.527	8.475	25.741	38.378
2 a 1	0.870	1.930	4.743	12.488	12.138
1 a 0.25	4.122	10.000	38.226	26.183	41.536
0.25 a 1	0.000	0.154	13.514	21.342	25.017

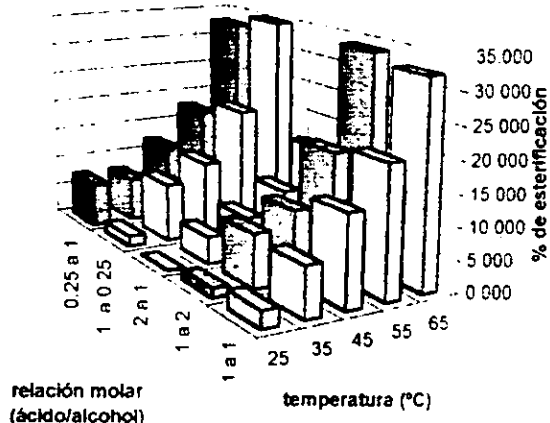
**Gráfica 190.-Acetato de n-butilo en heptano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 191.-Acetato de bencilo en hexano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.703	7.905	14.310	20.731	32.331
1 a 2	1.449	8.630	11.148	19.245	33.860
2 a 1	0.000	4.296	6.377	9.964	16.048
1 a 0.25	1.066	9.524	12.260	20.323	34.828
0.25 a 1	7.143	7.246	11.947	17.655	32.857

**Gráfica 191.-Acetato de bencilo en hexano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 192.-Acetato de bencilo en heptano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.817	8.160	14.310	19.649	30.014
1 a 2	1.492	8.630	11.711	18.379	33.860
2 a 1	0.714	3.409	6.944	9.553	10.274
1 a 0.25	3.175	9.703	14.063	19.851	31.056
0.25 a 1	6.573	3.226	15.670	17.241	27.500

**Gráfica 192.-Acetato de bencilo en heptano a las 10 horas de reacción**

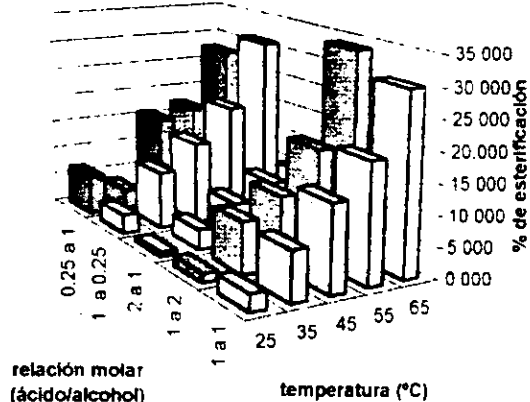




Tabla 193.-Propionato de metilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.482	8.700	15.778	34.829	38.301
1 a 2	1.428	8.904	16.835	37.909	38.571
2 a 1	2.147	4.285	7.848	19.754	27.746
1 a 0.25	3.309	6.590	14.404	32.609	30.337
0.25 a 1	2.295	7.843	17.750	35.948	39.312

Gráfica 193.-Propionato de metilo en hexano a las 10 horas de reacción

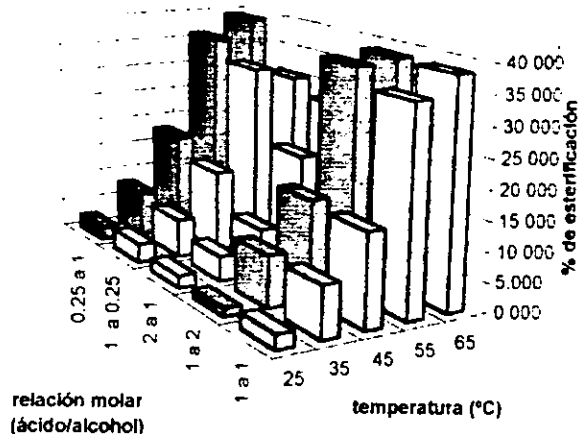


Tabla 194.-Propionato de metilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.482	9.935	17.464	37.623	40.108
1 a 2	0.739	10.000	16.527	41.892	41.429
2 a 1	2.167	4.331	10.066	20.939	27.034
1 a 0.25	2.174	6.686	14.624	34.638	29.431
0.25 a 1	3.922	10.539	16.667	41.063	38.957

Gráfica 194.-Propionato de metilo en heptano a las 10 horas de reacción

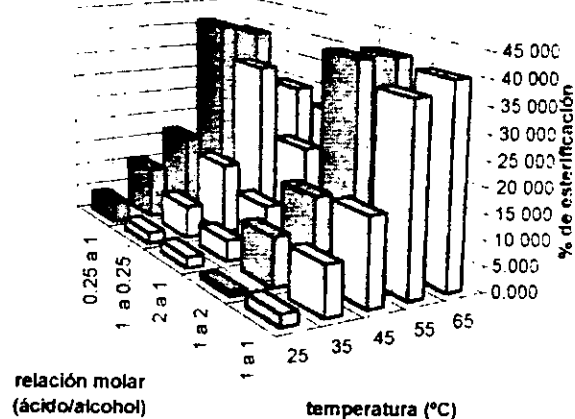
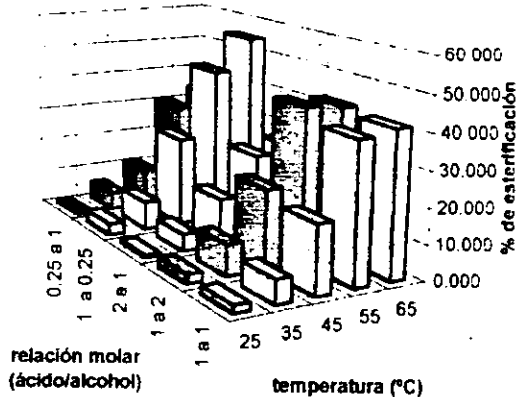


Tabla 195.-Propionato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	2.221	6.869	19.394	39.693	41.111
1 a 2	2.667	8.861	22.403	43.506	42.593
2 a 1	0.688	5.000	13.556	24.800	26.159
1 a 0.25	3.125	8.223	25.893	45.433	55.133
0.25 a 1	0.502	5.091	10.897	30.308	33.687

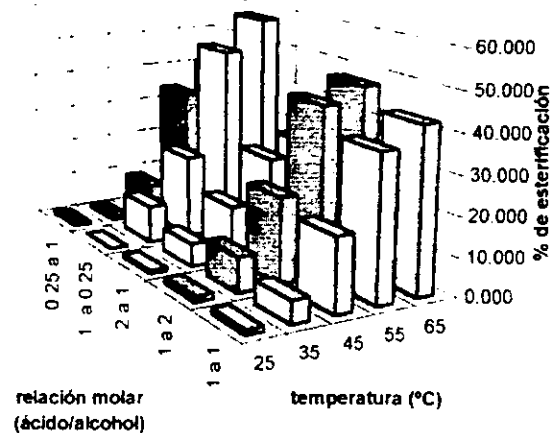
Gráfica 195.-Propionato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción



**Tabla 196.-Propionato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.123	5.732	18.889	37.138	42.222
1 a 2	1.333	9.211	22.078	43.506	47.138
2 a 1	0.719	5.871	13.784	24.860	27.578
1 a 0.25	0.000	9.677	21.614	49.451	57.431
0.25 a 1	0.321	1.000	8.333	33.833	40.308

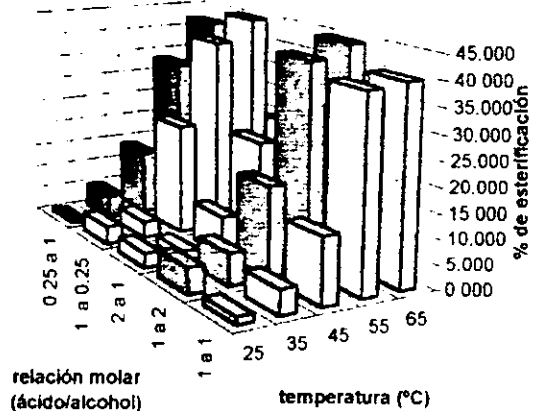
**Gráfica 196.-Propionato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 197.-Propionato de n-propilo en hexano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	1.584	4.990	13.490	39.103	39.946
1 a 2	5.327	6.598	18.464	41.818	44.378
2 a 1	2.990	1.939	7.804	22.263	25.034
1 a 0.25	3.739	3.502	23.149	40.319	44.742
0.25 a 1	0.000	5.000	13.651	33.236	41.838

**Gráfica 197.-Propionato de n-propilo en hexano a las 10 horas de reacción**



**Tabla 198.-Propionato de n-propilo en heptano a las 10 horas de reacción**

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	0.000	4.990	14.638	38.310	39.946
1 a 2	3.604	6.429	19.828	41.003	47.138
2 a 1	0.000	1.881	10.745	22.840	23.754
1 a 0.25	3.704	3.846	20.000	37.228	43.644
0.25 a 1	0.196	5.490	14.958	31.907	38.894

**Gráfica 198.-Propionato de n-propilo en heptano a las 10 horas de reacción**

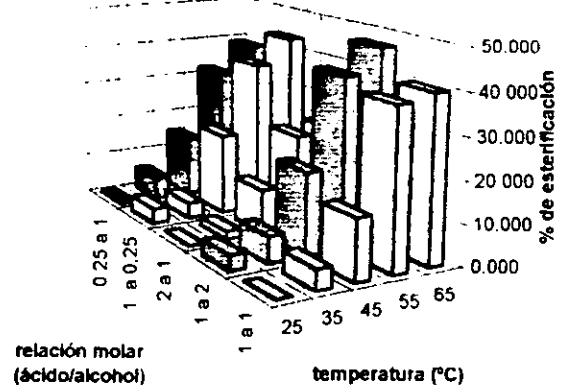


Tabla 199.-Propionato de isopropilo en hexano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	2.039	10.870	18.478	41.260	33.273
1 a 2	3.226	6.324	12.894	29.762	28.376
2 a 1	3.191	4.110	11.148	18.903	21.348
1 a 0.25	5.172	7.401	13.900	34.085	31.469
0.25 a 1	2.941	5.346	19.286	29.130	35.417

Gráfica 199.-Propionato de isopropilo en hexano a las 10 horas de reacción

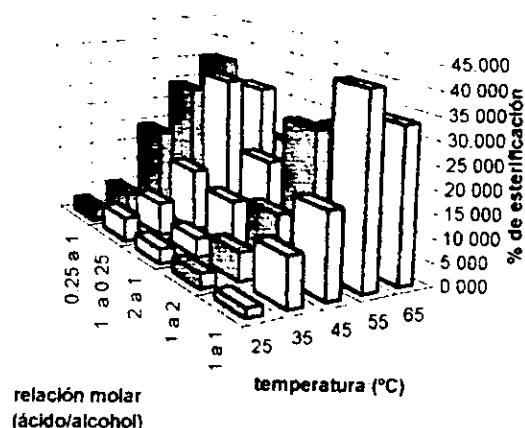


Tabla 200.-Propionato de isopropilo en heptano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	0.000	10.638	20.562	38.196	36.980
1 a 2	1.639	8.223	15.620	29.167	27.711
2 a 1	2.151	7.840	10.496	18.623	20.342
1 a 0.25	3.509	3.542	14.545	32.299	36.284
0.25 a 1	2.941	0.108	20.000	27.097	40.625

Gráfica 200.-Propionato de isopropilo en heptano a las 10 horas de reacción

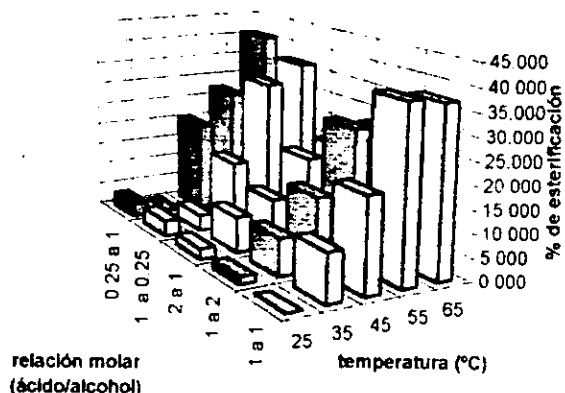


Tabla 201.-Propionato de n-butilo en hexano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	3.009	9.309	17.670	37.108	38.730
1 a 2	4.206	4.286	21.127	19.196	37.247
2 a 1	3.396	8.688	15.254	32.203	31.471
1 a 0.25	3.571	3.596	27.060	20.678	31.667
0.25 a 1	5.882	2.684	10.531	37.381	40.323

Gráfica 201.-Propionato de n-butilo en hexano a las 10 horas de reacción

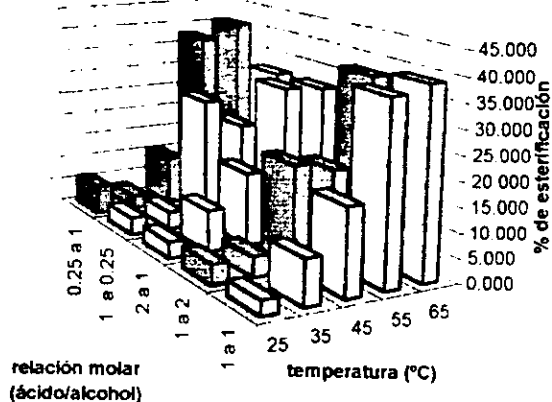


Tabla 202 -Propionato de n-butilo en heptano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac /al	25	35	45	55	65
1 a 1	2.030	9.204	18.367	37.583	41.920
1 a 2	4.051	8.102	23.172	42.712	40.944
2 a 1	4.208	7.456	16.276	32.359	33.713
1 a 0.25	1.818	3.506	33.394	14.426	41.398
0.25 a 1	2.857	5.556	14.706	40.152	43.448

Gráfica 202.-Propionato de n-butilo en heptano a las 10 horas de reacción

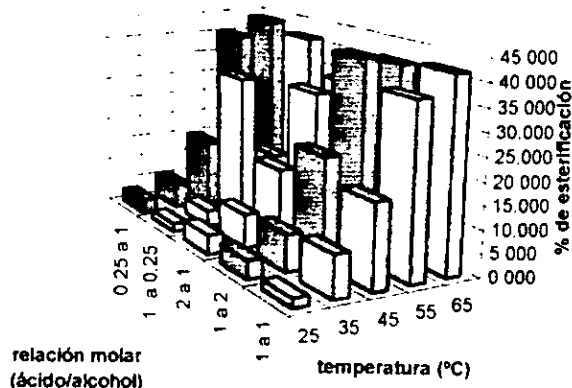


Tabla 203 -Propionato de bencilo en hexano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac /al	25	35	45	55	65
1 a 1	1.514	7.708	16.951	38.737	37.802
1 a 2	6.383	9.804	6.793	38.235	42.483
2 a 1	2.283	3.846	9.709	20.617	16.561
1 a 0.25	6.122	6.417	10.897	42.308	24.970
0.25 a 1	3.226	6.434	15.671	38.333	41.667

Gráfica 203.-Propionato de bencilo en hexano a las 10 horas de reacción

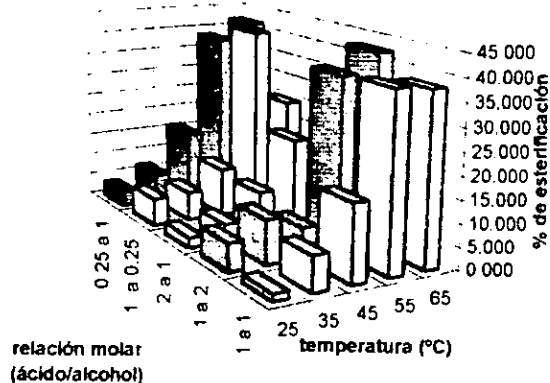


Tabla 204.-Propionato de bencilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac /al	25	35	45	55	65
1 a 1	2.030	7.101	17.581	38.737	37.802
1 a 2	4.051	8.909	10.417	42.583	41.578
2 a 1	4.208	4.633	9.502	19.864	16.561
1 a 0.25	1.818	4.333	19.231	47.863	35.174
0.25 a 1	2.857	2.614	14.286	36.111	40.152

Gráfica 204.-Propionato de bencilo en heptano a las 10 horas de reacción

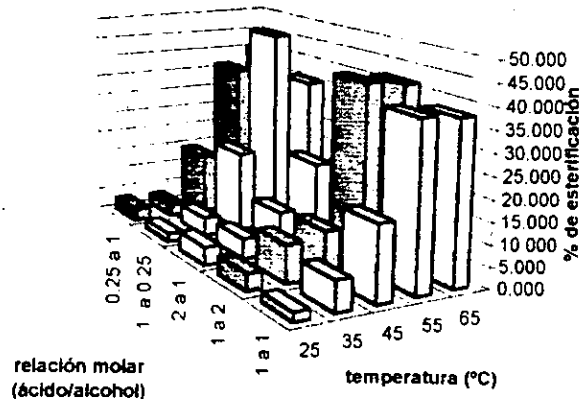


Tabla 205 -Butirato de metilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	4.220	8.791	14.718	29.773	42.553
1 a 2	4.348	8.755	14.130	28.347	42.798
2 a 1	0.017	4.049	9.261	17.369	26.538
1 a 0.25	4.482	7.251	18.929	30.915	45.056
0.25 a 1	3.700	5.995	12.825	32.593	48.077

Gráfica 205.-Butirato de metilo en hexano a las 10 horas de reacción

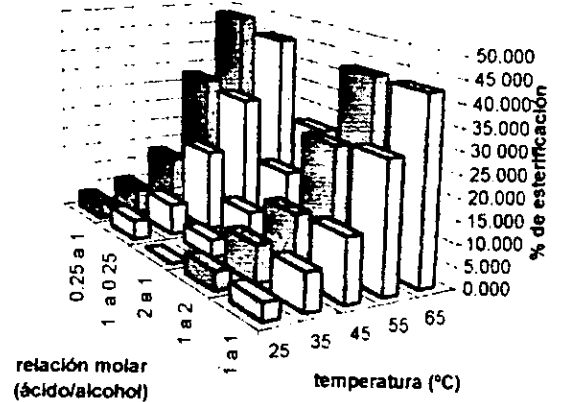


Tabla 206 -Butirato de metilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	5.353	8.282	13.453	29.356	44.418
1 a 2	3.357	8.623	13.932	46.373	44.458
2 a 1	3.226	3.896	9.133	17.353	24.708
1 a 0.25	3.409	7.794	18.207	32.338	45.682
0.25 a 1	3.700	5.995	13.161	30.774	45.487

Gráfica 206.-Butirato de metilo en heptano a las 10 horas de reacción

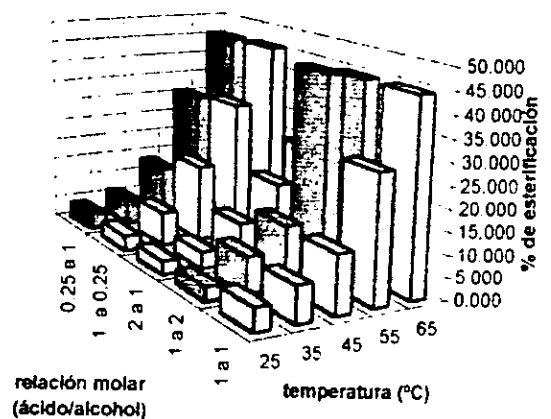


Tabla 207 -Butirato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	4.579	9.949	15.455	33.276	44.783
1 a 2	4.443	11.159	18.315	21.853	47.264
2 a 1	3.589	7.236	10.223	20.482	30.340
1 a 0.25	4.733	10.915	20.375	42.379	49.190
0.25 a 1	2.045	9.936	16.382	39.141	43.889

Gráfica 207.-Butirato de etilo en hexano a las 10 horas de reacción

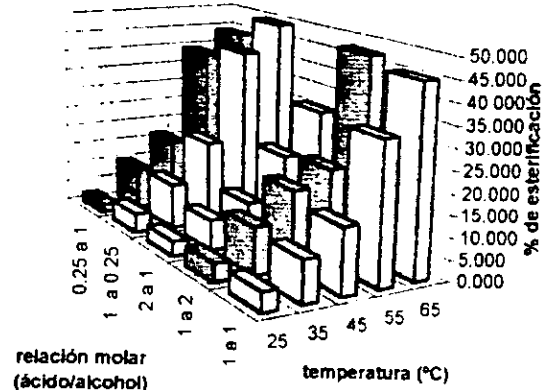


Tabla 208 -Butirato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ácido/al	25	35	45	55	65
1 a 1	3.661	10.168	14.545	34.003	44.291
1 a 2	4.545	11.159	17.579	41.171	52.155
2 a 1	3.034	7.236	8.946	21.851	29.127
1 a 0.25	5.747	11.647	21.218	45.322	48.129
0.25 a 1	4.477	8.800	13.333	41.392	43.434

Gráfica 208.-Butirato de etilo en heptano a las 10 horas de reacción

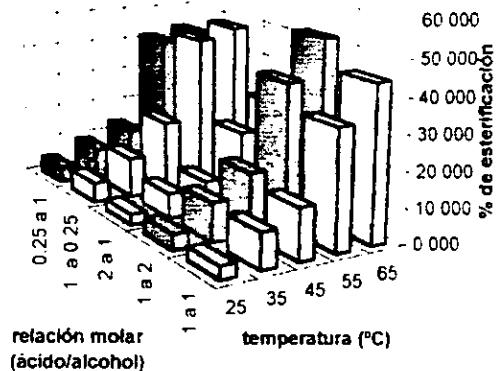


Tabla 209 -Butirato de n-propilo en hexano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ácido/al	25	35	45	55	65
1 a 1	5.140	8.158	16.435	30.457	47.541
1 a 2	6.427	8.418	19.326	40.000	46.795
2 a 1	2.010	3.168	10.480	18.322	27.325
1 a 0.25	3.227	6.905	11.152	39.203	42.857
0.25 a 1	3.836	6.101	9.524	31.746	50.215

Gráfica 209.-Butirato de n-propilo en hexano a las 10 horas de reacción

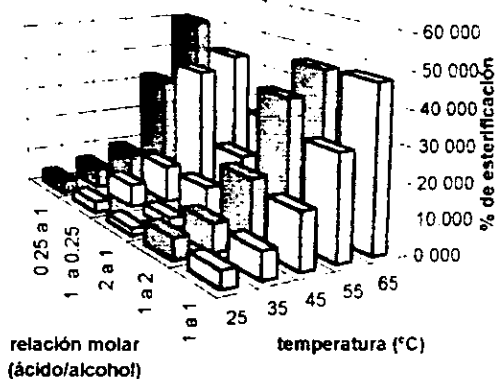


Tabla 210 -Butirato de n-propilo en heptano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ácido/al	25	35	45	55	65
1 a 1	0.027	8.560	12.892	28.818	48.785
1 a 2	3.846	8.418	15.196	41.064	45.908
2 a 1	0.000	0.000	9.939	18.580	27.325
1 a 0.25	0.000	12.073	16.888	40.714	47.619
0.25 a 1	0.000	4.308	12.857	33.716	39.977

Gráfica 210.-Butirato de n-propilo en heptano a las 10 horas de reacción

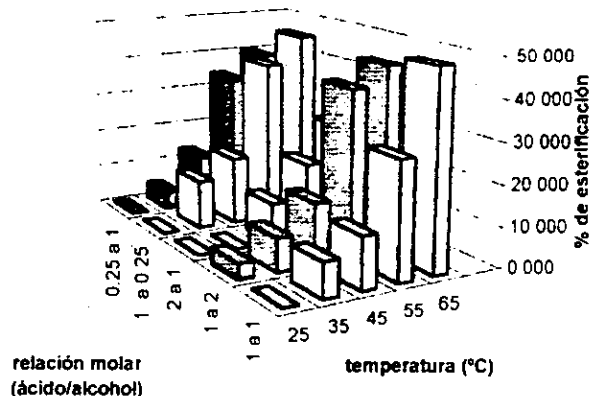


Tabla 211 -Butirato de isopropilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	3.636	6.533	14.380	32.331	54.257
1 a 2	4.167	8.500	12.245	36.029	48.196
2 a 1	2.174	0.000	8.827	20.073	30.351
1 a 0.25	3.896	4.035	11.974	23.787	35.629
0.25 a 1	6.452	6.434	10.952	26.686	41.667

Gráfica 211.-Butirato de isopropilo en hexano a las 10 horas de reacción

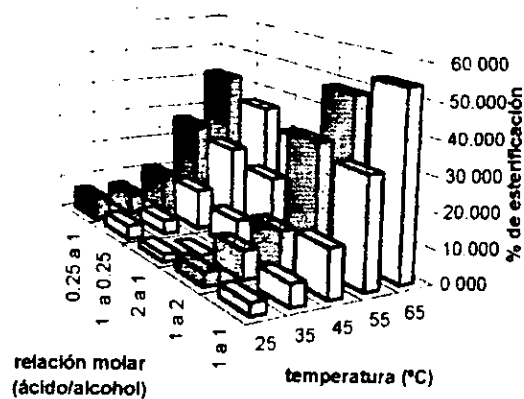


Tabla 212 -Butirato de isopropilo en heptano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al.	25	35	45	55	65
1 a 1	3.539	7.078	16.165	32.331	53.305
1 a 2	1.998	8.638	14.286	35.094	45.298
2 a 1	3.298	4.419	8.567	19.780	29.554
1 a 0.25	2.649	5.368	11.786	22.078	35.629
0.25 a 1	6.061	6.150	6.050	30.323	37.381

Gráfica 212.-Butirato de isopropilo en heptano a las 10 horas de reacción

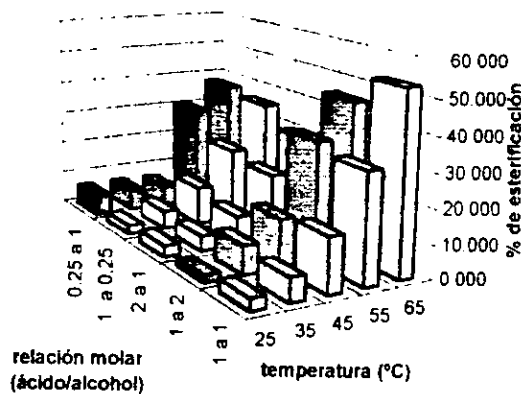


Tabla 213.-Butirato de n-butilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac./al	25	35	45	55	65
1 a 1	2.273	9.261	14.943	34.509	43.468
1 a 2	3.765	10.945	14.815	34.321	48.779
2 a 1	4.603	8.079	11.663	28.576	38.318
1 a 0.25	4.811	1.694	16.257	39.555	40.635
0.25 a 1	4.182	7.835	12.857	31.379	42.619

Gráfica 213.-Butirato de n-butilo en hexano a las 10 horas de reacción

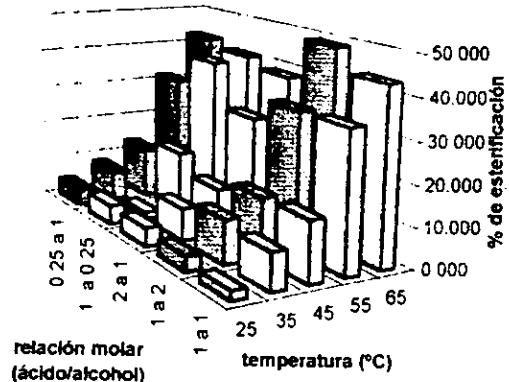


Tabla 214.-Butirato de n-butilo en heptano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac /al	25	35	45	55	65
1 a 1	2.405	9.261	13.793	32.545	43.468
1 a 2	3.643	10.945	15.778	37.805	47.822
2 a 1	3.756	9.207	11.527	28.182	37.043
1 a 0.25	4.913	10.082	18.293	45.904	43.039
0.25 a 1	3.441	7.835	7.672	22.143	40.899

Gráfica 214.-Butirato de n-butilo en heptano a las 10 horas de reacción

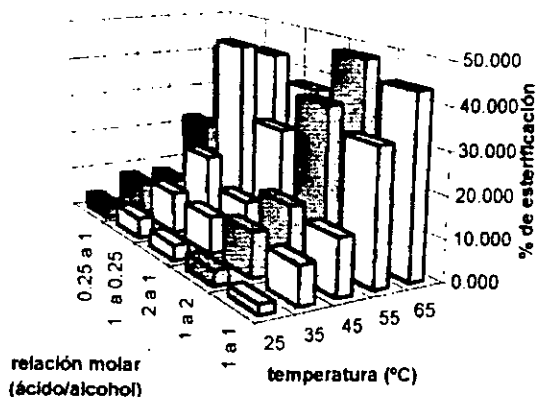


Tabla 215.-Butirato de bencilo en hexano a las 10 horas de reacción

r.molar	temperatura °C				
ac /al	25	35	45	55	65
1 a 1	5.078	9.630	13.726	33.778	44.532
1 a 2	4.723	11.731	14.457	35.851	47.389
2 a 1	6.600	8.125	11.255	28.688	39.355
1 a 0.25	5.778	10.000	15.126	34.323	50.083
0.25 a 1	4.683	10.629	19.164	30.879	41.613

Gráfica 215.-Butirato de bencilo en hexano a las 10 horas de reacción

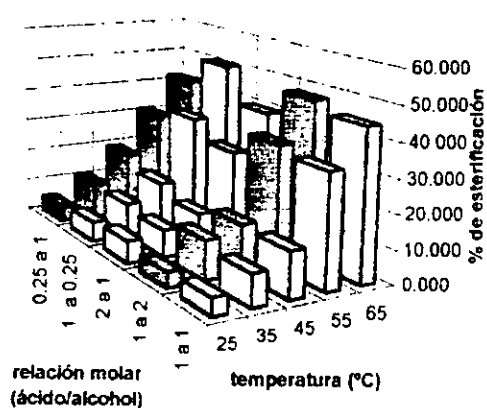
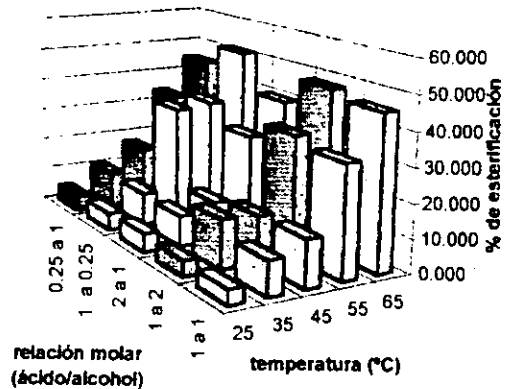


Tabla 216.-Butirato de bencilo en heptano a las 10 horas de reacción

r molar	temperatura °C				
ac /al	25	35	45	55	65
1 a 1	4.428	10.197	14.014	32.847	45.378
1 a 2	4.772	14.603	13.846	35.501	47.713
2 a 1	5.526	9.073	11.603	30.098	39.527
1 a 0.25	5.215	9.890	35.101	36.156	51.058
0.25 a 1	4.500	10.448	17.101	33.846	44.640

Gráfica 216.-Butirato de bencilo en heptano a las 10 horas de reacción





# SECCION X.II

---

---

## Anexo b: Análisis estadístico

---

---

“Ser líder, es el orgullo más grande que cualquier ser humano pueda ostentar”

Anónimo

## X.I.I.- Anexo b: Análisis estadístico

### 1.- Análisis de varianza de dos factores en el diseño completamente aleatorio

Este modelo es un diseño completamente aleatorio en el que los datos de muestra son clasificados en función de dos variables aleatorias independientes. Cada variable posee varias categorías o niveles para su estudio.

Para diseñar una investigación con diferentes variables independientes se debe escoger las combinaciones de niveles de las variables que serán incluidas en el experimento ( los tratamientos ), decidir el número aproximado de observaciones por tratamiento, y entonces aplicar los tratamientos a las unidades experimentales.

En el análisis de varianza de dos factores hay 3 hipótesis a contrastar; es decir, nos interesa la significación de ambas variables y la posible interacción entre ellas.

Específicamente:

- ◆ Ho: Los efectos de las I filas son cero, o dicho de otro modo, no hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "fila".
- ◆ Ha: Si hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "fila"
- ◆ Ho: Los efectos de las J columnas son cero, o no hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "columna"
- ◆ Ha: Si hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "columna"
- ◆ Ho: No hay diferencia entre las distintas interacciones columna-fila
- ◆ Ha: Si hay diferencia entre las distintas interacciones columna-fila

Donde Ho es la hipótesis nula, conocida también como hipótesis de no diferencia. Es cualquier hipótesis estadística que se establece en principio con el único propósito de rechazarla o anularla. Ha es la hipótesis alternativa, es cualquier suposición que difiera de la nula y que generalmente se especifica en forma opuesta a la que se supone cierta

#### 1.1.- Modelo estadístico

El modelo lineal para el análisis de varianza de dos factores es:

$$\Xi_{i\varphi\kappa} = \nu + \alpha_i + \beta_\varphi + (\alpha\beta)_{i\varphi} + \epsilon_{i\varphi\kappa}$$

DONDE:

$\Xi_{i\varphi\kappa}$ : observación cualquiera

$\nu$ : gran media desconocida

$\alpha_i$ : efecto de la fila

$\beta_\varphi$ : efecto de la columna

$(\alpha\beta)_{i\varphi}$ : efecto de la interacción

$\epsilon_{i\varphi\kappa}$ : efecto del error residual

Los datos experimentales en el diseño de dos factores completamente aleatorios, en general, se arreglan en una tabla como la que se muestra a continuación:

Tabla 1.- Arreglo de datos experimentales en el diseño de 2 factores completamente aleatorios

Factor A	Factor B				$n_{i\cdot}$	$x_{i\cdot\cdot}$	$\bar{x}_{i\cdot\cdot}$
	$B_1$	$B_2$	.....	$B_J$			
$A_1$	$x_{111}$	$x_{121}$	.....	$x_{1J1}$	$n_{1\cdot}$	$x_{1\cdot\cdot}$	$\bar{x}_{1\cdot\cdot}$
	$x_{112}$	$x_{122}$	.....	$x_{1J2}$			
	:	:	.....	:			
	$x_{11n_{11}}$	$x_{12n_{12}}$	.....	$x_{1Jn_{1J}}$			
	$n_{11}$	$n_{12}$	.....	$n_{1J}$			
	$x_{11\cdot}$	$x_{12\cdot}$	.....	$x_{1J\cdot}$			
$A_2$	$x_{211}$	$x_{221}$	.....	$x_{2J1}$	$n_{2\cdot}$	$x_{2\cdot\cdot}$	$\bar{x}_{2\cdot\cdot}$
	$x_{212}$	$x_{222}$	.....	$x_{2J2}$			
	:	:	.....	:			
	$x_{21n_{21}}$	$x_{22n_{22}}$	.....	$x_{2Jn_{2J}}$			
	$n_{21}$	$n_{22}$	.....	$n_{2J}$			
	$x_{21\cdot}$	$x_{22\cdot}$	.....	$x_{2J\cdot}$			
.	.	.....	.	.	.	.	
.	.	.....	.	.	.	.	
.	.	.....	.	.	.	.	
$A_I$	$x_{I11}$	$x_{I21}$	.....	$x_{IJ1}$	$n_{I\cdot}$	$x_{I\cdot\cdot}$	$\bar{x}_{I\cdot\cdot}$
	$x_{I12}$	$x_{I22}$	.....	$x_{IJ2}$			
	:	:	.....	:			
	$x_{I1n_{I1}}$	$x_{I2n_{I2}}$	.....	$x_{IJn_{IJ}}$			
	$n_{I1}$	$n_{I2}$	.....	$n_{IJ}$			
	$x_{I1\cdot}$	$x_{I2\cdot}$	.....	$x_{IJ\cdot}$			
$n_{\cdot j}$	$n_{\cdot 1}$	$n_{\cdot 2}$	.....	$n_{\cdot J}$	$N$	$x_{\cdot\cdot\cdot}$	$\bar{x}_{\cdot\cdot\cdot}$
$x_{\cdot j\cdot}$	$x_{\cdot 1\cdot}$	$x_{\cdot 2\cdot}$	.....	$x_{\cdot J\cdot}$			
$\bar{x}_{\cdot j\cdot}$	$\bar{x}_{\cdot 1\cdot}$	$\bar{x}_{\cdot 2\cdot}$	.....	$\bar{x}_{\cdot J\cdot}$			

**1.2.- Factor fijo y factor aleatorio**

Antes de proceder a contrastar la significación de un factor en el análisis de varianza en que intervengan más de un factor, dicho factor debe clasificarse como FIJO o ALEATORIO. Entendiéndose como factor fijo aquél cuyos niveles son escogidos a propósito; es decir, son seleccionados por una razón especial por el experimentador y, factor aleatorio aquél cuyos niveles se pueden considerar como muestra aleatoria de cierta población de tratamientos.

En un experimento de dos factores, la decisión acerca de que si ambos factores son fijos, ambos aleatorios o uno fijo y el otro aleatorio es cuestión importante y ha de determinarse antes de efectuar el análisis de varianza. En nuestro caso ambos factores son fijos.

La tabla 2 resume todas las fórmulas para el Análisis de varianza de dos factores.<sup>169,170</sup>

Tabla 2.- Análisis de varianza de 2 factores

Puente	g.l.	S.C.	C.M.	F Modelo Fijo	F Modelo Aleatorio	F Modelo Mixto Filas Fijas Columnas aleatorias.
Filas (A)	I - 1	$SC_A = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I X_{i..}^2 - \frac{X_{...}^2}{N}$	$S_A^2 = \frac{SC_A}{I-1}$	$F_A = \frac{S_A^2}{S_{error}^2}$	$F_A = \frac{S_A^2}{S_{AB}^2}$	$F_A = \frac{S_A^2}{S_{AB}^2}$
Columnas (B)	J - 1	$SC_B = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J X_{.j.}^2 - \frac{X_{...}^2}{N}$	$S_B^2 = \frac{SC_B}{J-1}$	$F_B = \frac{S_B^2}{S_{error}^2}$	$F_B = \frac{S_B^2}{S_{AB}^2}$	$F_B = \frac{S_B^2}{S_{error}^2}$
Interacción (AB)	(I-1)(J-1)	$SC_{AB} = SC_{subtotal} - SC_A - SC_B$	$S_{AB}^2 = \frac{SC_{AB}}{(I-1)(J-1)}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S_{error}^2}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S_{error}^2}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S_{error}^2}$
Subtotal	IJ - 1	$SC_{subtotal} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij.}^2 - \frac{X_{...}^2}{N}$	—	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S_{error}^2}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S_{error}^2}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S_{error}^2}$
Error Residual	N - IJ	$SC_{error} = SC_{total} - SC_{subtotal}$	$S_{error}^2 = \frac{SC_{error}}{N - IJ}$	—	—	—
Total	N - 1	$SC_{total} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{ijk}^2 - \frac{X_{...}^2}{N}$	—	—	—	—

## 2.- Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

### 2.1.- Estudio del:

- Efecto del sistema orgánico
- Efecto de la relación molar
- Efecto de la interacción sistema orgánico-relación molar

Reacciones nivel tubo de ensaye empleando esporas como biocatalizador

### Planteamiento:

Se evalúo la capacidad catalítica de esporas integras de *Ceratocystis fimbriata* en reacciones de esterificación. Se llevo a cabo la síntesis de 18 ésteres probando dos sistemas orgánicos ( hexano y heptano ) en cada una de las cinco combinaciones de tratamientos ( relaciones molares 1 a 1, 1 a 2, 2 a 1, 1 a 0.25 y 0.25 a 1 ).

Se evaluaron 5 temperaturas y mediante los resultados obtenidos es clara la ventaja que se presenta a 65°C ( +/- 1°C ). Por lo tanto todos los resultados manejados en este análisis corresponden a tal temperatura.

### Modelo

El modelo lineal para este análisis es:

$$\Xi_{\text{I}\phi\text{K}} = \nu + \alpha_{\text{I}} + \beta_{\phi} + (\alpha\beta)_{\text{I}\phi} + \epsilon_{\text{I}\phi\text{K}}$$

DONDE:

$\Xi_{\text{I}\phi\text{K}}$ : observación

$\nu$ : gran media desconocida

$\alpha_{\text{I}}$ : efecto del sistema orgánico

$\beta_{\phi}$ : efecto de la relación molar

$(\alpha\beta)_{\text{I}\phi}$ : efecto de la interacción sistema orgánico-relación molar

$\epsilon_{\text{I}\phi\text{K}}$ : efecto del error residual

### Hipótesis

#### HIPÓTESIS 1

- ◊ Ho: NO existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos hexano y heptano
- ◊ Ha: SI existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos hexano y heptano

#### HIPÓTESIS 2

- ◊ Ho: NO existe diferencia significativa entre las medias de las distintas relaciones molares
- ◊ Ha: SI existe diferencia significativa entre las medias de las distintas relaciones molares

#### HIPÓTESIS 3

- ◊ Ho: NO existe efecto de interacción sistema orgánico-relación molar
- ◊ Ha: SI existe efecto de interacción sistema orgánico-relación molar

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 1**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE ACETATO DE METILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi.	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	33.306 n11=2	38.692 n12=2	19.624 n13=2	34.014 n14=2	32.404 n15=2	10	319.34	31.9338
X1..	67.146	77.912	39.456	69.876	64.948			
sistema orgánico heptano	34.62 n21=2	36.41 n22=2	20.012 n23=2	34.249 n24=2	35.124 n25=2	10	323.25	32.3254
X2	69.662	72.8	41.306	68.226	71.26			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	136.808	150.712	80.762	138.102	136.208	X...=	642.59	
X.j. (media)	34.202	37.678	20.1905	34.5255	34.052	X...(media)=	32.13	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.7667528	s2s.o= 0.7667528	Fs.o= 2.202665769	F0.95,1,10= 4.96	No hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 748.2306068	s2r.m= 187.0576517	Fr.m= 537.3641755	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	18.8455332	4.7113833	13.53448298	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	767.8428928				
error	10	3.481022	0.3481022			
total	19	771.3239148				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 2**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	33.609 n11=2	27.494 n12=2	18.643 n13=2	40.413 n14=2	33.129 n15=2	10	306.52	30.6520
X1..	67.096	54.824	37.934	80	66.666			
sistema orgánico heptano	37.683 n21=2	31.164 n22=2	21.371 n23=2	35.817 n24=2	31.846 n25=2			
X2..	75.724	62.366	43.334	70.842	63.636			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	142.82	117.19	81.268	150.842	130.302	X...=	622.42	
X.j. (media)	35.705	29.2975	20.317	37.7105	32.5755	X...(media)=	31.121	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.4010962	s2s.o= 4.4010962	Fs.o= 36.35923394	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 746.4068188	s2r.m= 186.6017047	Fr.m= 1541.592077	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	58.9824068	14.7456017	121.8193735	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	809.7903218				
error	10	1.210448	0.1210448			
total	19	811.0007698				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 3**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-PROPILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	37.708	40.792	19.482	41.448	34.948	10	348.51	34.8512
	37.75	39.764	20.306	41.41	34.904			
	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2			
X1..	75.458	80.556	39.788	82.858	69.852			
sistema orgánico heptano	35.783	40.833	19.566	43.664	33.133	10	345.76	34.5764
	36.011	39.643	19.52	43.542	34.069			
	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2			
X2..	71.794	80.476	39.086	87.206	67.202			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	147.252	161.032	78.874	170.064	137.054	X...=	694.28	
X.j. (media)	36.813	40.258	19.7185	42.516	34.2635	X...(media)=	34.714	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.3775752	s2s.o= 0.3775752	Fs.o= 1.840894531	F0.95,1,10= 4.96	No hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1284.323645	s2r.m= 321.0809113	Fr.m= 1565.45264	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	9.5853508	2.3963377	11.68351355	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1294.286571				
error	10	2.051042	0.2051042			
total	19	1296.337613				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 4**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ISOPROPILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	30.434 n11=2	39.492 n12=2	14.926 n13=2	30.629 n14=2	26.652 n15=2	10	282.3	28.2302
X1..	60.968	78.868	29.984	60.45	52.032			
sistema orgánico heptano	28.18 n21=2	35.538 n22=2	13.022 n23=2	38.057 n24=2	25.22 n25=2	10	281.06	28.1064
X2..	56.212	71.698	26.114	76.558	50.482			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	117.18	150.566	56.098	137.008	102.514	X...=	563.37	
X.j. (media)	29.295	37.6415	14.0245	34.252	25.6285	X...(media)=	28.168	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.0766322	s2s.o= 0.0766322	Fs.o= 0.524103414	F0.95,1,10= 4,96	No hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1338.080157	s2r.m= 334.5200393	Fr.m= 2287.851513	F0.95,4,10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	87.6422428	21.9105607	149.8508417	3,48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1425.799032				
error	10	1.462158	0.1462158			
total	19	1427.26119				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 5**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE ACETATO DE N-BUTILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	23.623	39.23	12.335	42.083	30.977	10	294.81	29 4810
	23.633	39.28	12.331	41.977	29.341			
	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2			
X1..	47.256	78.51	24.666	84.06	60.318	10	285.41	28 5414
sistema orgánico heptano	25.631	38.821	12.768	41.378	25.513			
	25.645	37.935	11.508	41.694	24.521			
	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2			
X2..	51.276	76.756	24.276	83.072	50.034			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	98.532	155.266	48.942	167.132	110.352	X...=	580.22	
X.j. (media)	24.633	38.8165	12.2355	41.783	27.588	X...(media)=	29.011	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.4142408	s2s.o= 4.4142408	Fs.o= 14.36212043	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 2247.524109	s2r.m= 561.8810273	Fr.m= 1828.129308	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	27.1172132	6.7793033	22.05705915	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	2279.055563				
error	10	3.07353	0.307353			
total	19	2282.129093				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 6**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE ACETATO DE BENCILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	32.168 n11=2	33.834 n12=2	16.848 n13=2	34.788 n14=2	32.166 33.548 n15=2	10	299.85	29.9848
X1..	64.662	67.72	32.096	69.656	65.714			
sistema orgánico heptano	30.082 n21=2	33.761 n22=2	10.702 n23=2	31.564 30.548 n24=2	27.58 27.42 n25=2	10	265.41	26.5408
X2..	60.028	67.72	20.548	62.112	55			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	124.69	135.44	52.644	131.768	120.714	X...=	565.26	
X.j. (media)	31.1725	33.86	13.161	32.942	30.1785	X...(media)=	28.263	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 59.30568	s2s.o= 59.30568	Fs.o= 184.3624623	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1173.696737	s2r.m= 293.4241843	Fr.m= 912.162294	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	22.327318	5.5818295	17.35212935	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1255.329735				
error	10	3.216798	0.3216798			
total	19	1258.546533				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES.
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 7

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE PROPIONATO DE METILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

## DATOS

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	38.116 n11=2	38.357 n12=2	27.743 n13=2	30.375 n14=2	39.276 n15=2	10	348.53	34.8534
X1..	76.602	77.142	55.492	60.674	78.624			
sistema orgánico heptano	40.14 n21=2	41.023 n22=2	27.941 n23=2	29.335 n24=2	38.714 n25=2			
X2..	80.216	82.858	54.068	58.862	77.914			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	156.818	160	109.56	119.536	156.538	X...=	702.45	
X.j. (media)	39.2045	40	27.39	29.884	39.1345	X...(media)=	35.123	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 1.4493728	s2s.o= 1.4493728	Fs.o= 6.359442022	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 575.1292508	s2r.m= 143.7823127	Fr.m= 630.8765291	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	11.4378452	2.8594613	12.54651554	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	588.0164688				
error	10	2.279088	0.2279088			
total	19	590.2955568				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 8

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE PROPIONATO DE ETILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

## DATOS

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	41.139	42.151	26.566	55.739	33.835	10	397.37	39.7366
X1..	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2			
sistema orgánico heptano	42.215	47.237	27.543	57.73	40.818			
X2..	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2			
X.j.	82.222	85.186	52.318	110.266	67.374	10	429.35	42.9354
X.j. (media)	166.666	179.462	107.474	225.128	147.99			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j. (media)	41.6665	44.8655	26.8685	56.282	36.9975	X... (media)=	41.336	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 51.1616072	s2s.o= 51.1616072	Fs.o= 230.1439893	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1856.32262	s2r.m= 464.080655	Fr.m= 2087.60786	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	21.8617448	5.4654362	24.5855703	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1929.345972				
error	10	2.223026	0.2223026			
total	19	1931.568998				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 9**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE PROPIONATO DE N-PROILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi.	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	39.484	44.93	25.307	44.437	41.824	10	391.88	39.1876
	40.408	43.826	24.761	45.047	41.852			
	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2			
X1..	79.892	88.756	50.068	89.484	83.676			
sistema orgánico heptano	39.684	47.844	23.776	43.453	38.865	10	386.75	38.6752
	40.208	46.432	23.732	43.835	38.923			
	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2			
X2..	79.892	94.276	47.508	87.288	77.788			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	159.784	183.032	97.576	176.772	161.464	X...=	778.63	
X.j. (media)	39.946	45.758	24.394	44.193	40.366	X...(media)=	38.931	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 1.3127688	s2s.o= 1.3127688	Fs.o= 5.085160647	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1154.841565	s2r.m= 288.7103912	Fr.m= 1118.352843	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	17.8159712	4.4539928	17.25305241	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1173.970305				
error	10	2.581568	0.2581568			
total	19	1176.551873				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 10**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE PROPIONATO DE ISOPROPILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	33.368 n11=2	28.381 n12=2	21.433 n13=2	31.798 n14=2	35.164 n15=2	10	299.77	29.9766
X1..	66.546	56.752	42.696	62.938	70.834			
sistema orgánico heptano	36.973 n21=2	27.736 n22=2	20.421 n23=2	36.542 n24=2	40.682 n25=2			
X2..	73.96	55.422	40.684	72.568	81.25			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	140.506	112.174	83.38	135.506	152.084	X...=	623.65	
X.j. (media)	35.1265	28.0435	20.845	33.8765	38.021	X...(media)=	31.183	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 29.0838962	s2s.o= 29.0838962	Fs.o= 548.2293546	F0.95,1,10= 4,96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 745.180326	s2r.m= 186.2950815	Fr.m= 3511.648907	F0.95,4,10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	36.4197028	9.1049257	171.6271955	3,48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	810.683925				
error	10	0.530506	0.0530506			
total	19	811.214431				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 11**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE PROPIONATO DE N-BUTILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	38.371	37.246	31.371	31.364	40.267	10	358.88	35.8876
X1..	77.46	74.494	62.942	63.334	80.646			
sistema orgánico heptano	41.907	40.291	33.734	41.883	43.94			
X2..	83.84	81.888	67.429	82.796	86.896			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	161.3	156.382	130.371	146.13	167.542	X...=	761.73	
X.j. (media)	40.325	39.0955	32.59275	36.5325	41.8855	X...(media)=	38.086	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 96.68123645	s2s.o= 96.68123645	Fs.o= 424.7580351	F0.95,1,10= 4,96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 212.230276	s2r.m= 53.057569	Fr.m= 233.1024052	F0.95,4,10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	36.6539508	9.1634877	40.25874278	3,48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	345.5654633				
error	10	2.2761485	0.22761485			
total	19	347.8416117				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 12**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE PROPIONATO DE BENCILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	x̄..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	37.825 n11=2	42.231 n12=2	16.107 n13=2	24.696 n14=2	41.115 n15=2	10	326.97	32.6966
X1..	75.604	84.966	33.122	49.94	83.334			
sistema orgánico heptano	37.855 n21=2	41.551 n22=2	16.175 n23=2	35.241 n24=2	40.182 n25=2			
X2..	75.604	83.158	33.122	70.348	80.304			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	151.208	168.124	66.244	120.288	163.638	X...=	669.5	
X.j. (media)	37.802	42.031	16.561	30.072	40.9095	X...(media)=	33.475	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 12.121245	s2s.o= 12.121245	Fs.o= 75.01633851	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1779.454641	s2r.m= 444.8636602	Fr.m= 2753.186073	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	95.112812	23.778203	147.1592832	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1886.688698				
error	10	1.615814	0.1615814			
total	19	1888.304512				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 13

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE BUTIRATO DE METILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

## DATOS

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	42.388 n11=2	42.575 n12=2	26.053 n13=2	45.768 n14=2	48.883 n15=2	10	410.04	41.0044
X1..	85.106	85.596	53.076	90.112	96.154			
sistema orgánico heptano	44.447 n21=2	44.882 n22=2	24.764 n23=2	45.088 n24=2	45.728 n25=2	10	405.51	40.5506
X2..	88.836	84.916	49.416	91.364	90.974			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	173.942	170.512	102.492	181.476	187.128	X...=	815.55	
X.j. (media)	43.4855	42.628	25.623	45.369	46.782	X...(media)=	40.778	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 1.0296722	s2s.o= 1.0296722	Fs.o= 0.663497404	F0.95,1.10= 4,96	No hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1190.209508	s2r.m= 297.552377	Fr.m= 191.7360008	F0.95,4.10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	13.0130288	3.2532572	2.096325129	3,48	No hay diferencia significativa
subtotal	9	1204.252209				
error	10	15.518858	1.5518858			
total	19	1219.771067				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 14

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE BUTIRATO DE ETILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

## DATOS

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	44.34	47.864	30.419	49.894	43.39	10	430.93	43.0932
X1..	89.566	94.528	60.68	98.38	87.778			
sistema orgánico heptano	44.157	52.579	29.223	48.441	24			
X2..	44.425	51.731	29.031	47.847	43.298	10	414.73	41.4732
X1..	88.582	104.31	58.254	96.288	67.298			
ni.j	4	4	4	4	4			
X.j.	178.148	198.838	118.934	194.668	155.076	X...=	845.66	
X.j. (media)	44.537	49.7095	29.7335	48.667	38.769	X...(media)=	42.283	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 13.122	s2s.o= 13.122	Fs.o= 0.69277945	F0.95,1,10= 4,96	No hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1083.308081	s2r.m= 270.8270203	Fr.m= 14.29838396	F0.95,4,10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	118.46503	29.6162575	1.563598125	3,48	No hay diferencia significativa
subtotal	9	1214.895111				
error	10	189.41093	18.941093			
total	19	1404.306041				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 15

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE BUTIRATO DE N-PROPILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

## DATOS

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	47.155 47.039 n11=2	46.551 47.039 n12=2	27.738 26.912 n13=2	42.183 43.531 n14=2	50.575 49.855 n15=2	10	428.58	42.8578
X1..	94.194	93.59	54.65	85.714	100.43			
sistema orgánico heptano	48.792 48.778 n21=2	45.937 45.879 n22=2	27.369 27.281 n23=2	47.195 48.043 n24=2	39.798 40.156 n25=2	10	419.23	41.9228
X2..	97.57	91.816	54.65	95.238	79.954			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	191.764	185.406	109.3	180.952	180.384	X...=	847.81	
X.j. (media)	47.941	46.3515	27.325	45.238	45.096	X...(media)=	42.39	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.371125	s2s.o= 4.371125	Fs.o= 21.17817746	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1155.579391	s2r.m= 288.8948478	Fr.m= 1399.700616	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	126.758276	31.689569	153.5365188	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1286.708792				
error	10	2.063976	0.2063976			
total	19	1288.772768				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 16**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE BUTIRATO DE ISOPROPILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano n11=2	54.761	48.395	30.956	35.791	41.625	10	420.16	42.0160
X1..	108.474	96.392	60.702	71.258	83.334			
sistema orgánico heptano n21=2	53.308	45.296	29.256	35.491	37.825			
X2..	106.61	90.596	59.108	71.258	74.762			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	215.084	186.988	119.81	142.516	158.096	X...=	822.49	
X.j. (media)	53.771	46.747	29.9525	35.629	39.524	X...(media)=	41.125	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 15.8883138	s2s.o= 15.8883138	Fs.o= 78.40606016	F0.95,1,10= 4.96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 1396.488691	s2r.m= 349.1221728	Fr.m= 1722.85709	F0.95,4,10= 3.48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	12.3837192	3.0959298	15.27787412	3.48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	1424.760724				
error	10	2.026414	0.2026414			
total	19	1426.787138				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 17

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE BUTIRATO DE N-BUTILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

## DATOS

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi..	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	43.898 n11=2	48.673 n12=2	38.716 n13=2	40.958 n14=2	42.661 n15=2	10	427.62	42.7618
X1..	86.936	97.558	76.636	81.27	85.218			
sistema orgánico heptano	43.447 n21=2	47.248 n22=2	37.8 n23=2	43.393 n24=2	40.934 n25=2	10	424.51	42.4512
X2..	86.906	95.644	74.086	86.078	81.798			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	173.842	193.202	150.722	167.348	167.016	X...=	852.13	
X.j. (media)	43.4605	48.3005	37.6805	41.837	41.754	X...(media)=	42.607	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.4823618	s2s.o= 0.4823618	Fs.o= 1.617930803	F0.95,1,10= 4,96	No hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 234.941258	s2r.m= 58.7353145	Fr.m= 197.0091217	F0.95,4,10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	10.7626532	2.6906633	9.024982978	3,48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	246.186273				
error	10	2.98135	0.298135			
total	19	249.167623				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 18**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

PRODUCCIÓN DE BUTIRATO DE BENCILO A TRAVÉS DE REACCIONES CATALIZADAS POR *Ceratocystis fimbriata*

**DATOS**

reacción de esterificación	relación molar					ni.	xi.	xi..(media)
	1 a 1	1 a 2	2 a 1	1 a 0.25	0.25 a 1			
sistema orgánico hexano	44.295	47.953	39.835	50.392	41.335	10	445.94	44.5944
	44.769	46.825	38.875	49.774	41.891			
	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2			
X1..	89.064	94.778	78.71	100.166	83.226	10	456.63	45.6632
sistema orgánico heptano	45.837	47.125	39.652	51.504	44.078			
	44.919	48.301	39.402	50.612	45.202			
	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2			
X2..	90.756	95.426	79.054	102.116	89.28			
ni.j	4	4	4	4	4	N=	20	
X.j.	179.82	190.204	157.764	202.282	172.506	X...=	902.58	
X.j. (media)	44.955	47.551	39.441	50.5705	43.1265	X...(media)=	45.129	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 5.7116672	s2s.o= 5.7116672	Fs.o= 15.3190233	F0.95,1,10= 4,96	Si hay diferencia significativa
relación molar	4	S.Cr.m= 287.4785292	s2r.m= 71.8696323	Fr.m= 192.7585297	F0.95,4,10= 3,48	Si hay diferencia significativa
interacción	4	5.2519628	1.3129907	3.521517348	3,48	Si hay diferencia significativa
subtotal	9	298.4421592				
error	10	3.72848	0.372848			
total	19	302.1706392				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS RELACIONES MOLARES
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-RELACIÓN MOLAR

## 2.2.- Estudio del:

- Efecto del sistema orgánico
- Efecto de longitud de cadena de alcohol
- Efecto de la interacción sistema orgánico-longitud de cadena de alcohol

Reacciones nivel tubo de ensaye empleando esporas como biocatalizador

### Planteamiento:

Se evaluó la capacidad catalítica de esporas integras de *Ceratocystis fimbriata* en reacciones de esterificación. Se llevó a cabo la síntesis de 18 ésteres probando dos sistemas orgánicos ( hexano y heptano ) a diferentes relaciones molares ( 1 a 1, 1 a 2, 2 a 1, 1 a 0.25 y 0.25 a 1 ). Para la obtención de dichos ésteres se partió de distintos ácidos orgánicos en combinación con los alcoholes metílico, etílico, n-propílico, isopropílico, n-butílico y bencílico.

Se evaluaron 5 temperaturas y mediante los resultados obtenidos es clara la ventaja que se presenta a 65°C ( +/-1°C ). Por lo tanto todos los resultados manejados en este análisis corresponden a tal temperatura.

### Modelo

El modelo lineal para este análisis es:

$$E_{i\phi\kappa} = \mu + \alpha_i + \beta_\phi + (\alpha\beta)_{i\phi} + \epsilon_{i\phi\kappa}$$

DONDE:

$E_{i\phi\kappa}$ : observación

$\mu$ : gran media desconocida

$\alpha_i$ : efecto del sistema orgánico

$\beta_\phi$ : efecto de longitud de cadena de alcohol

$(\alpha\beta)_{i\phi}$ : efecto de la interacción sistema orgánico-longitud de cadena de alcohol

$\epsilon_{i\phi\kappa}$ : efecto del error residual

### Hipótesis

#### HIPÓTESIS 1

- ◊ Ho: NO existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos hexano y heptano
- ◊ Ha: SI existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos hexano y heptano

#### HIPÓTESIS 2

- ◊ Ho: NO existe diferencia significativa entre las medias de las distintas longitudes de cadena de alcohol
- ◊ Ha: SI existe diferencia significativa entre las medias de las distintas longitudes de cadena de alcohol

#### HIPÓTESIS 3

- ◊ Ho: NO existe efecto de interacción sistema orgánico-longitud de cadena de alcohol
- ◊ Ha: SI existe efecto de interacción sistema orgánico-longitud de cadena de alcohol



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 19**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de acetatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	acetato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	33.306	33.609	37.708	30.434	23.623	32.168	12	382.33	31.8608
	33.584	33.487	37.75	30.534	23.633	32.494			
	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2			
X1..	66.89	67.096	75.458	60.968	47.256	64.662			
sistema orgánico heptano	34.62	37.683	35.783	28.18	25.631	30.082	12	384.7	32.0580
	35.042	38.041	36.011	28.032	25.645	29.946			
	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2			
X2..	69.662	75.724	71.794	56.212	51.276	60.028			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	136.552	142.82	147.252	117.18	98.532	124.69	X...=	767.03	
X.j. (media)	34.138	35.705	36.813	29.295	24.633	31.1725	X...(media)=	31.959	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.2332482	s2s.o= 0.2332482	Fs.o= 9.1899937	F0.95.1.12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 414.9105	s2r.m= 82.982101	Fr.m= 3269.5004	F0.95.5.12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	38.718041	7.7436082	305.09869	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	453.86179				
error	12	0.304568	0.0253807			
total	23	454.16636				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1. POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL.
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3. POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 20**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de acetatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

**DATOS**

reacción de esterificación	acetato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	38.692	27.494	40.792	39.492	39.23	33.834	12	438.39	36.5325
X1..	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2			
sistema orgánico heptano	36.41	31.164	40.833	35.538	38.821	33.761			
X2..	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	150.712	117.19	161.032	150.566	155.266	135.44	X...=	870.21	
X.j. (media)	37.678	29.2975	40.258	37.6415	38.8165	33.86	X...(media)=	36.259	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 1.8007282	s2s.o= 1.8007282	Fs.o= 10.777017	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 322.70143	s2r.m= 64.540285	Fr.m= 386.26138	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	32.575803	6.5151606	38.992002	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	357.07796				
error	12	2.005076	0.1670897			
total	23	359.08303				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL.
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 21**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de acetatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	acetato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilc	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	19.624	18.643	19.482	14.926	12.335	16.848	12	203.92	16.9937
X1..	19.832	19.291	20.306	15.058	12.331	15.248			
n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2				
X1..	39.456	37.934	39.788	29.984	24.666	32.096			
sistema orgánico heptano	20.012	21.371	19.566	13.022	12.768	10.702	12	194.66	16.2220
X2..	21.294	21.963	19.52	13.092	11.508	9.846			
n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2				
X2..	41.306	43.334	39.086	26.114	24.276	20.548			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	80.762	81.268	78.874	56.098	48.942	52.644	X...=	398.59	
X.j. (media)	20.1905	20.317	19.7185	14.0245	12.2355	13.161	X...(media)=	16.608	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs o= 3.5728167	s2s.o= 3.5728167	Fs.o= 10.663899	F0.95.1.12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 295.76494	s2r.m= 59.152988	Fr.m= 176.55579	F0.95.5.12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	41.817335	8.3634671	24.962704	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	341.15509				
error	12	4.020462	0.3350385			
total	23	345.17555				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 22**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de acetatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	acetato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano n11=2	34.014	40.413	41.448	30.629	42.083	34.778	12	446.89	37.2408
X1..	69.876	80	82.858	60.45	84.06	69.646			
sistema orgánico heptano n21=2	34.249	35.817	43.664	38.057	41.378	31.564			
X2..	68.226	70.842	87.206	76.558	83.072	62.112			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	138.102	150.842	170.064	137.008	167.132	131.758	X...=	894.91	
X.j. (media)	34.5255	37.7105	42.516	34.252	41.783	32.9395	X...(media)=	37.288	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.0528282	s2s.o= 0.0528282	Fs.o= 0.1860036	F0.95,1,12= 4.75	No hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 333.89468	s2r.m= 66.778936	Fr.m= 235.12316	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	105.62255	21.124511	74.377672	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	439.57006				
error	12	3.408202	0.2840168			
total	23	442.97826				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 23**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de acetatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	acetato de						ni.	xi..	xi..(media)			
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo						
sistema orgánico hexano n11=2	32.404	33.129	34.948	26.652	30.733	32.166	12	379.29	31.6072			
X1..	64.948	66.666	69.852	52.032	60.074	65.714						
sistema orgánico heptano n21=2	35.124	31.846	33.133	25.22	25.513	27.58				12	357.61	29.8012
X2..	71.26	63.636	67.202	50.482	50.034	55						
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24				
X.j.	136.208	130.302	137.054	102.514	110.108	120.714	X...=	736.9				
X.j. (media)	34.052	32.5755	34.2635	25.6285	27.527	30.1785	X...(media)=	30.704				

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 19.569816	s2s.o= 19.569816	Fs.o= 54.815006	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 254.04734	s2r.m= 50.809469	Fr.m= 142.3172	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	48.939844	9.7879688	27.416076	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	322.557				
error	12	4.284188	0.3570157			
total	23	326.84119				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 24

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de propionatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	propionato de de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	38.116	41.139	39.484	33.368	38.371	37.825	12	458.33	38.1938
X1..	76.602	82.222	79.892	66.546	77.46	75.604			
sistema orgánico heptano	40.14	42.215	39.684	36.973	41.907	37.855			
X2..	80.216	84.444	79.892	73.96	83.84	75.604			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j	156.818	166.666	159.784	140.506	161.3	151.208	X...=	936.28	
X.j (media)	39.2045	41.6665	39.946	35.1265	40.325	37.802	X...(media)=	39.012	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 16.055704	s2s.o= 16.055704	Fs.o= 209.5899	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 104.96385	s2r.m= 20.992769	Fr.m= 274.03796	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	12.361815	2.472363	32.274032	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	133.38136				
error	12	0.919264	0.0766053			
total	23	134.30063				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO

2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL

3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 25**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de propionatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

**DATOS**

reacción de esterificación	propionato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	38.357	42.151	44.93	28.381	37.246	42.231	12	467.3	38.9413
X1..	77.142	85.186	88.756	56.752	74.494	84.966			
sistema orgánico heptano	41.023	47.237	47.844	27.736	40.291	41.551			
X2..	82.858	94.276	94.276	55.422	81.888	83.158			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	160	179.462	183.032	112.174	156.382	168.124	X...=	959.17	
X.j. (media)	40	44.8655	45.758	28.0435	39.0955	42.031	X...(media)=	39.966	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 25.178114	s2s.o= 25.178114	Fs.o= 88.329536	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 818.88608	s2r.m= 163.77722	Fr.m= 574.56114	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	26.191925	5.2383851	18.377236	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	870.25612				
error	12	3.42057	0.2850475			
total	23	873.67669				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL.
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 26**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de propionatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	propionato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	27.743	26.566	25.307	21.433	31.371	16.107	12	296.64	24.7198
	27.749	25.752	24.761	21.263	31.571	17.015			
	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2			
X1..	55.492	52.318	50.068	42.696	62.942	33.122	12	297.97	24.8306
sistema orgánico heptano	27.941	27.543	23.776	20.421	33.734	16.175			
	26.127	27.613	23.732	20.263	33.695	16.947			
	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2			
X2..	54.068	55.156	47.508	40.684	67.429	33.122			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	109.56	107.474	97.576	83.38	130.371	66.244	X...=	594.61	
X.j.(media)	27.39	26.8685	24.394	20.845	32.59275	16.561	X...(media)=	24.775	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.0735934	s2s.o= 0.0735934	Fs.o= 0.3058949	F0.95,1,12= 4.75	No hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 621.59216	s2r.m= 124.31843	Fr.m= 516.73634	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	10.13064	2.026128	8.4217115	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	631.79639				
error	12	2.8870065	0.2405839			
total	23	634.6834				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 27**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de propionatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	propionato de						ni.	xi.	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano n11=2	30.375	55.739	44.437	31.798	31.364	24.696	12	436.64	36.3863
X1..	60.674	110.266	89.484	62.938	63.334	49.94			
sistema orgánico heptano n21=2	29.335	57.73	43.453	36.542	41.883	35.241			
X2..	29.527	57.132	43.835	36.026	40.913	35.107			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	119.536	225.128	176.772	135.506	146.13	120.288	X...=	923.36	
X.j. (media)	29.884	56.282	44.193	33.8765	36.5325	30.072	X...(media)=	38.473	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 104.53366	s2s.o= 104.53366	Fs.o= 532.33594	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 2076.4798	s2r.m= 415.29596	Fr.m= 2114.8879	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	124.77179	24.954358	127.07966	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	2305.7853				
error	12	2.356414	0.1963678			
total	23	2308.1417				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 28**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de propionatos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	propionato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	39.276	33.835	41.824	35.164	40.267	41.115	12	464.49	38 7073
X1..	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2			
	78.624	67.374	83.676	70.834	80.646	83.334			
sistema orgánico heptano	38.714	40.818	38.865	40.682	43.94	40.182	12	484.77	40 3973
X2..	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2			
	77.914	80.616	77.788	81.25	86.896	80.304			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	156.538	147.99	161.464	152.084	167.542	163.638	X..=	949.26	
X.j. (media)	39.1345	36.9975	40.366	38.021	41.8855	40.9095	X...(media)=	39.552	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 17.1366	s2s.o= 17.1366	Fs.o= 106.94245	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 67.977445	s2r.m= 13.595489	Fr.m= 84.843834	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	74.678316	14.935663	93.207307	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	159.79238				
error	12	1.922896	0.1602413			
total	23	161.71526				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 29**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de butiratos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	butirato de						ni.	xi..	xi..(media)			
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo						
sistema orgánico hexano n11=2	43.388	44.34	47.155	54.761	43.898	44.295	12	555.23	46.2690			
X1..	86.106	89.566	95.082	108.474	86.936	89.064						
sistema orgánico heptano n21=2	44.447	44.157	48.792	53.308	43.477	45.837				12	559.29	46.6075
X2..	88.836	88.582	97.57	106.61	86.936	90.756						
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24				
X.j.	174.942	178.148	192.652	215.084	173.872	179.82	X..=	1114.5				
X.j. (media)	43.7355	44.537	48.163	53.771	43.468	44.955	X...(media)=	46.438				

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.6874935	s2s.o= 0.6874935	Fs.o= 3.4296593	F0.95,1,12= 4.75	No hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 314.74404	s2r.m= 62.948808	Fr.m= 314.0291	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	4.5496715	0.9099343	4.5393369	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	319.9812				
error	12	2.405464	0.2004553			
total	23	322.38667				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 30**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de butiratos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

**DATOS**

reacción de esterificación	butirato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano n11=2	42.575	47.864	46.551	48.395	48.673	47.953	12	562.41	46.8673
X1..	85.596	94.528	93.59	96.392	97.523	94.778			
sistema orgánico heptano n21=2	44.882	52.579	45.937	45.296	47.248	47.125			
X2..	84.916	104.31	91.816	90.596	95.644	92.044			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	170.512	198.838	185.406	186.988	193.167	186.822	X...=	1121.7	
X.j. (media)	42.628	49.7095	46.3515	46.747	48.29175	46.7055	X...(media)=	46.739	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.3955234	s2s.o= 0.3955234	Fs.o= 0.2812685	F0.95,1,12= 4.75	No hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 113.14626	s2r.m= 22.629253	Fr.m= 16.09234	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	35.57848	7.115696	5.0601847	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	149.12027				
error	12	16.874552	1.4062127			
total	23	165.99482				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA Ho DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA Ho DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL.
- 3.-SE RECHAZA Ho DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 31

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de butiratos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	butirato de						ni.	xi..	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	26.053	30.419	27.738	30.956	38.716	39.835	12	384.45	32.0378
X1..	n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2			
	53.076	60.68	54.65	60.702	76.636	78.71			
sistema orgánico heptano	24.764	29.223	27.369	29.256	37.8	39.652	12	374.57	31.2140
X2..	n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2			
	49.416	58.254	54.65	59.108	74.086	79.054			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	102.492	118.934	109.3	119.81	150.722	157.764	X...=	759.02	
X.j. (media)	25.623	29.7335	27.325	29.9525	37.6805	39.441	X...(media)=	31.626	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.0722082	s2s.o= 4.0722082	Fs.o= 13.145838	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 634.59185	s2r.m= 126.91837	Fr.m= 409.71588	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	3.0384788	0.6076958	1.9617539	3.11	No hay diferencia significativa
subtotal	11	641.70254				
error	12	3.71726	0.3097717			
total	23	645.4198				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 32**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de butiratos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	butirato de						ni.	xi.	xi..(media)			
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo						
sistema orgánico hexano n11=2	45.768	49.894	42.183	35.791	40.958	50.392	12	526.9	43.9083			
X1..	90.112	98.38	85.714	71.258	81.27	100.166						
sistema orgánico heptano n21=2	45.088	48.411	47.195	35.491	43.393	51.504				12	542.31	45.1927
X2..	91.364	96.258	95.238	71.258	86.078	102.116						
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24				
X.j.	181.476	194.638	180.952	142.516	167.348	202.282	X...=	1069.2				
X.j. (media)	45.369	48.6595	45.238	35.629	41.837	50.5705	X...(media)=	44.551				

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 9.8970727	s2s.o= 9.8970727	Fs.o= 22.507824	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 564.8925	s2r.m= 112.9785	Fr.m= 256.93457	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	21.027009	4.2054019	9.5638828	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	595.81658				
error	12	5.276604	0.439717			
total	23	601.09318				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 33**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de alcohol en la producción de butiratos a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	butirato de						ni.	xi	xi..(media)
	metilo	etilo	n-propilo	isopropilo	n-butilo	bencilo			
sistema orgánico hexano	48.83	43.39	50.575	41.625	42.661	41.335	12	536.08	44.6733
X1..	47.271	44.38	49.855	41.709	42.557	41.891			
n11=2	n12=2	n13=2	n14=2	n15=2	n16=2				
X1..	96.101	87.77	100.43	83.334	85.218	83.226			
sistema orgánico heptano	45.728	43.298	39.798	37.825	40.934	44.078	12	503.64	41.9697
X2..	45.246	43.57	40.156	36.937	40.864	45.202			
n21=2	n22=2	n23=2	n24=2	n25=2	n26=2				
X2..	90.974	86.868	79.954	74.762	81.798	89.28			
ni.j	4	4	4	4	4	4	N=	24	
X.j.	187.075	174.638	180.384	158.096	167.016	172.506	X...=	1039.7	
X.j. (media)	46.76875	43.6595	45.096	39.524	41.754	43.1265	X...(media)=	43.321	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 43.856177	s2s.o= 43.856177	Fs.o= 155.99591	F0.95,1,12= 4.75	Si hay diferencia significativa
longitud de cadena	5	S.Cr.m= 128.25086	s2r.m= 25.650171	Fr.m= 91.237361	F0.95,5,12= 3.11	Si hay diferencia significativa
interacción	5	98.192025	19.638405	69.853578	3.11	Si hay diferencia significativa
subtotal	11	270.29906				
error	12	3.3736405	0.2811367			
total	23	273.6727				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ALCOHOL
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ALCOHOL

### 2.3.- Estudio del:

- Efecto del sistema orgánico
- Efecto de longitud de cadena de ácido
- Efecto de la interacción sistema orgánico-longitud de cadena de ácido

Reacciones nivel tubo de ensaye empleando esporas como biocatalizador

#### **Planteamiento:**

Se evaluo la capacidad catalítica de esporas integras de *Ceratocystis fimbriata* en reacciones de esterificación. Se llevo a cabo la síntesis de 18 ésteres probando dos sistemas orgánicos ( hexano y heptano ) a diferentes relaciones molares ( 1 a 1, 1 a 2, 2 a 1, 1 a 0.25 y 0.25 a 1 ). Para la obtención de dichos ésteres se partio de los ácidos acético, propiónico y butírico en combinación con distintos alcoholes.

Se evaluaron 5 temperaturas y mediante los resultados obtenidos es clara la ventaja que se presenta a 65°C ( +/-1°C ). Por lo tanto todos los resultados manejados en este análisis corresponden a tal temperatura.

#### **Modelo**

El modelo lineal para este análisis es:

$$\Xi_{i\phi\kappa} = \nu + \alpha_i + \beta_\phi + (\alpha\beta)_{i\phi} + \epsilon_{i\phi\kappa}$$

DONDE:

$\Xi_{i\phi\kappa}$ : observación

$\nu$ : gran media desconocida

$\alpha_i$ : efecto del sistema orgánico

$\beta_\phi$ : efecto de longitud de cadena de ácido

$(\alpha\beta)_{i\phi}$ : efecto de la interacción sistema orgánico-longitud de cadena de ácido

$\epsilon_{i\phi\kappa}$ : efecto del error residual

#### **Hipótesis**

##### HIPÓTESIS 1

- ◊ Ho: NO existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos hexano y heptano
- ◊ Ha: SI existe diferencia significativa entre las medias de los sistemas orgánicos hexano y heptano

##### HIPÓTESIS 2

- ◊ Ho: NO existe diferencia significativa entre las medias de las distintas longitudes de cadena de ácido
- ◊ Ha: SI existe diferencia significativa entre las medias de las distintas longitudes de cadena de ácido

##### HIPÓTESIS 3

- ◊ Ho: NO existe efecto de interacción sistema orgánico-longitud de cadena de ácido
- ◊ Ha: SI existe efecto de interacción sistema orgánico-longitud de cadena de ácido



## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 34

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de metilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	metil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano n11=2	33.306	38.116	42.388	6	228.598	38.0997
X1..	66.89	76.602	85.106			
sistema orgánico heptano n21=2	34.62	33.761	44.447			
X2..	35.042	33.959	44.389	6	226.218	37.7030
X2..	69.662	67.72	88.836			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j	136.552	144.322	173.942	X...=	454.816	
X.j. (media)	34.138	36.0805	43.4855	X...(media)=	37.90133333	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.472033333	s2s.o= 0.472033333	Fs.o= 10.41755558	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 194.6441167	s2r.m= 97.32205833	Fr.m= 2147.85245	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	24.64966867	12.32483433	272.0033472	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	219.7658187				
error	6	0.271868	0.045311333			
total	11	220.0376867				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 35

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de metilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

## DATOS

reacción de esterificación	metil-			ni.	xi.	xi. (media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	38.692	38.357	42.575	6	240.65	40.1083
X1..	77.912	77.142	85.596			
sistema orgánico heptano	36.41	41.023	44.882			
X2..	36.39	41.835	40.034	6	240.574	40.0957
X2..	72.8	82.858	84.916			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	150.712	160	170.512	X...=	481.224	
X.j. (media)	37.678	40	42.628	X...(media)=	40.102	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.000481333	s2s.o= 0.000481333	Fs.o= 0.000232681	F0.95.1.6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 49.067424	s2r.m= 24.533712	Fr.m= 11.8598019	F0.95.2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	14.81641867	7.408209333	3.581190451	5.14	No hay diferencia significativa
subtotal	5	63.884324				
error	6	12.411866	2.068644333			
total	11	76.29619				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 36

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de metilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 A 1

## DATOS

reacción de esterificación	metil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	19.624	27.743	26.053	6	148.024	24.6707
X1..	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	39.456	55.492	53.076			
sistema orgánico heptano	20.012	27.941	24.764	6	144.79	24.1317
X2..	n21=2	n22=2	n23=2			
X2..	41.306	54.068	49.416			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	80.762	109.56	102.492	X...=	292.814	
X.j. (media)	20.1905	27.39	25.623	X...(media)=	24.40116667	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.871563	s2s.o= 0.871563	Fs.o= 1.763445596	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 112.6228607	s2r.m= 56.31143033	Fr.m= 113.9357038	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	3.839906	1.919953	3.884667731	5.14	No hay dif. significativa
subtotal	5	117.3343297				
error	6	2.965432	0.494238667			
total	11	120.2997617				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 37**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de metilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	metil-			ni.	xi	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano n11=2 X1..	34.014 35.862 69.876	30.375 30.299 60.674	45.768 44.344 90.112	6	220.662	36.7770
sistema orgánico heptano n21=2 X2..	34.249 33.977 68.226	29.335 29.527 58.862	45.088 46.276 91.364	6	218.452	36.4087
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	138.102	119.536	181.476	X...=	439.114	
X.j. (media)	34.5255	29.884	45.369	X...(media)=	36.59283333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.407008333	s2s.o= 0.407008333	Fs.o= 0.700646464	F0.95.1.6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 505.2136527	s2r.m= 252.6068263	Fr.m= 434.8512428	F0.95.2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	1.486328667	0.743164333	1.279323835	5.14	No hay dif. significativa
subtotal	5	507.1069897				
error	6	3.485424	0.580904			
total	11	510.5924137				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 38**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de metilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	metil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	32.404	39.276	48.83	6	239.673	39.9455
	32.544	39.348	47.271			
X1..	n11=2	n12=2	n13=2			
	64.948	78.624	96.101	6	240.148	40.0247
sistema orgánico heptano	35.124	38.714	45.728			
	36.136	39.2	45.246			
X2	n21=2	n22=2	n23=2			
	71.26	77.914	90.974			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	136.208	156.538	187.075	X...=	479.821	
X.j. (media)	34.052	39.1345	46.76875	X...(media)=	39.98508333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.018802083	s2s.o= 0.018802083	Fs.o= 0.057150217	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 327.7724132	s2r.m= 163.8862066	Fr.m= 498.143325	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	16.63909117	8.319545583	25.28782736	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	344.4303064				
error	6	1.9739645	0.328994083			
total	11	346.4042709				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 39

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de etilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	etil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	33.609	41.139	44.34	6	238.884	39.8140
X1..	67.096	82.222	89.566			
sistema orgánico heptano	37.683	42.215	44.157			
X2..	75.724	84.444	88.582	6	248.75	41.4583
ni.j	4	4	4			
X.j.	142.82	166.666	178.148			
X.j. (media)	35.705	41.6665	44.537	N=	12	
				X...=	487.634	
				X...(media)=	40.63616667	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 8.111496333	s2s.o= 8.111496333	Fs.o= 97.0274681	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 162.3779687	s2r.m= 81.18898433	Fr.m= 971.1600997	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	11.97548467	5.987742333	71.62371212	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	182.4649497				
error	6	0.5016	0.0836			
total	11	182.9665497				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 40**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de etilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

**DATOS**

reacción de esterificación	etil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano n11=2	27.494	42.151	47.864	6	234.538	39.0897
X1..	54.824	85.186	94.528			
sistema orgánico heptano n21=2	31.164	47.237	52.579			
X2..	62.366	94.276	104.31	6	260.952	43.4920
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	117.19	179.462	198.838	X...=	495.49	
X.j. (media)	29.2975	44.8655	49.7095	X...(media)=	41.29083333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 58.14161633	s2s.o= 58.14161633	Fs.o= 231.9399183	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 909.9689387	s2r.m= 454.9844693	Fr.m= 1815.034863	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	0.657730667	0.328865333	1.311917407	5.14	No hay dif. significativa
subtotal	5	968.7682857				
error	6	1.504052	0.250675333			
total	11	970.2723377				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 41

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de etilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	etil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	18.643	26.566	30.419	6	150.932	25.1553
	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	37.934	52.318	60.68			
sistema orgánico heptano	21.371	27.543	29.223	6	156.744	26.1240
	21.963	27.613	29.031			
	n21=2	n22=2	n23=2			
X2..	43.334	55.156	58.254			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	81.268	107.474	118.934	X...=	307.676	
X.j. (media)	20.317	26.8685	29.7335	X...(media)=	25.63966667	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 2.814945333	s2s.o= 2.814945333	Fs.o= 22.52418763	F0.95,1.6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 186.4011327	s2r.m= 93.20056633	Fr.m= 745.7576596	F0.95,2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	7.959984667	3.979992333	31.84647781	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	197.1760627				
error	6	0.749846	0.124974333			
total	11	197.9259087				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 42**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de etilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	etil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	40.413 n11=2	55.739 n12=2	49.894 n13=2	6	288.746	48.1243
X1..	80	110.366	98.38			
sistema orgánico heptano	35.817 n21=2	57.73 n22=2	48.411 n23=2			
X2..	70.842	114.862	96.258			
ni.j	4	4	4			
X.j.	150.842	225.228	194.638	N=	12	
X.j. (media)	37.7105	56.307	48.6595	X...=	570.708	
				X...(media)=	47.559	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 3.835221333	s2s.o= 3.835221333	Fs.o= 8.843286484	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 698.926226	s2r.m= 349.463113	Fr.m= 805.7950651	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	23.31124467	11.65562233	26.87563467	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	726.072692				diferencia significativa
error	6	2.602124	0.433687333			
total	11	728.674816				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 43**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de etilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	etil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	33.129	33.835	43.39	6	221.818	36.9697
	33.537	33.539	44.388			
	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	66.666	67.374	87.778			
sistema orgánico heptano	31.846	40.818	43.298	6	231.12	38.5200
	31.79	39.798	43.57			
	n21=2	n22=2	n23=2			
X2..	63.636	80.616	86.868			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	130.302	147.99	174.646	X...=	452.938	
X.j. (media)	32.5755	36.9975	43.6615	X...(media)=	37.74483333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 7.210600333	s2s.o= 7.210600333	Fs.o= 36.54631602	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 249.1498347	s2r.m= 124.5749173	Fr.m= 631.3973992	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	39.12929067	19.56464533	99.16174495	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	295.4897257				
error	6	1.183802	0.197300333			
total	11	296.6735277				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 44

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-propilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	n-propil-			ni.	xi.	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	37.708 37.75 n11=2	39.484 40.408 n12=2	47.155 47.927 n13=2	6	250.432	41.7387
X1..	75.458	79.892	95.082			
sistema orgánico heptano	35.783 36.011 n21=2	39.684 40.208 n22=2	48.792 48.778 n23=2			
X2..	71.794	79.892	97.57			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	147.252	159.784	192.652	X...=	499.688	
X.j. (media)	36.813	39.946	48.163	X...(media)=	41.64066667	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.115248	s2s.o= 0.115248	Fs.o= 0.777704299	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 274.8763707	s2r.m= 137.4381853	Fr.m= 927.4457476	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	4.788512	2.394256	16.15666374	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	279.7801307				
error	6	0.88914	0.14819			
total	11	280.6692707				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO

2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO

3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 45**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-propilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

**DATOS**

reacción de esterificación	n-propil-			ni	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	40.792 39.764 n11=2	44.93 43.826 n12=2	46.551 47.039 n13=2	6	262.902	43.8170
X1..	80.556	88.756	93.59			
sistema orgánico heptano	40.833 39.643 n21=2	47.844 46.432 n22=2	45.937 45.879 n23=2			
X2..	80.476	94.276	91.816			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	161.032	183.032	185.406	X...=	529.47	
X.j. (media)	40.258	45.758	46.3515	X...(media)=	44.1225	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 1.119963	s2s.o= 1.119963	Fs.o= 2.267532452	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 90.310646	s2r.m= 45.155323	Fr.m= 91.42369906	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	7.286006	3.643003	7.375803955	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	98.716615				
error	6	2.963476	0.493912667			
total	11	101.680091				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 46

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-propilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	propil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	19.482 n11=2	25.307 n12=2	27.738 26.912 n13=2	6	144.506	24.0843
X1..	39.788	50.068	54.65			
sistema orgánico heptano	19.566 19.52 n21=2	23.776 23.732 n22=2	27.369 27.281 n23=2			
X2..	39.086	47.508	54.65	6	141.244	23.5407
ni.j	4	4	4			
X.j.	78.874	97.576	109.3			
X.j. (media)	19.7185	24.394	27.325	X...(media)=	23.8125	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.886720333	s2s.o= 0.886720333	Fs.o= 6.367205134	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 117.746538	s2r.m= 58.873269	Fr.m= 422.7467968	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	0.874880667	0.437440333	3.141094471	5.14	No hay dif. significativa
subtotal	5	119.508139				
error	6	0.835582	0.139263667			
total	11	120.343721				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 47**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-propilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	propil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	41.448 n11=2	44.437 n12=2	42.183 43.531 n13=2	6	258.056	43.0093
X1..	82.858	89.484	85.714			
sistema orgánico heptano	43.664 43.542 n21=2	43.453 43.835 n22=2	47.195 48.043 n23=2			
X2..	87.206	87.288	95.238	6	269.732	44.9553
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	170.064	176.772	180.952	X...=	527.788	
X.j. (media)	42.516	44.193	45.238	X...(media)=	43.98233333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 11.360748	s2s.o= 11.360748	Fs.o= 44.39873378	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 15.08485067	s2r.m= 7.542425333	Fr.m= 29.47641603	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	17.247776	8.623888	33.70286072	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	43.69337467				
error	6	1.53528	0.25588			
total	11	45.22865467				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 48

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-propilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	propil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	34.948	41.824	50.575	6	253.958	42.3263
X1..	34.904	41.852	49.855			
n11=2	n12=2	n13=2				
sistema orgánico heptano	69.852	83.676	100.43	6	224.944	37.4907
X2..	33.133	38.865	39.798			
n21=2	n22=2	n23=2				
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	137.054	161.464	180.384	X...=	478.902	
X.j. (media)	34.2635	40.366	45.096	X...(media)=	39.9085	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 70.15101633	s2s.o= 70.15101633	Fs.o= 550.6560915	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 235.94195	s2r.m= 117.970975	Fr.m= 926.022735	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	45.08838867	22.54419433	176.9624816	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	351.181355				
error	6	0.764372	0.127395333			
total	11	351.945727				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 49**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de isopropilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	isopropil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	30.434	33.368	54.761	6	235.988	39.3313
	30.534	33.178	53.713			
	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	60.968	66.546	108.474			
sistema orgánico heptano	28.18	36.973	53.308			
	28.032	36.987	53.303			
	n21=2	n22=2	n23=2	6	236.783	39.4638
X2..	56.212	73.96	106.611			
ni.j	4	4	4			
X.j.	117.18	140.506	215.085			
X.j. (media)	29.295	35.1265	53.77125			
				X...=	472.771	
				X...(media)=	39.39758333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.05266875	s2s.o= 0.05266875	Fs.o= 0.541799647	F0.95,1.6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 1307.626545	s2r.m= 653.8132726	Fr.m= 6725.730154	F0.95,2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	20.2117565	10.10587825	103.9584434	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	1327.89097				
error	6	0.5832645	0.09721075			
total	11	1328.474235				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 50**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de isopropilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

**DATOS**

reacción de esterificación	isopropil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	39.492 39.376 n11=2	28.381 28.371 n12=2	48.395 47.997 n13=2	6	232.012	38.6687
X1..	78.868	56.752	96.392			
sistema orgánico heptano	35.538 36.16 n21=2	27.736 27.686 n22=2	45.296 45.3 n23=2			
X2..	71.698	55.422	90.596			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	150.566	112.174	186.988	X...=	449.728	
X.j. (media)	37.6415	28.0435	46.747	X...(media)=	37.47733333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 17.03130133	s2s.o= 17.03130133	Fs.o= 364.0722816	F0.95.1.6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 699.8035287	s2r.m= 349.9017643	Fr.m= 7479.729892	F0.95.2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	4.661552667	2.330776333	49.8242055	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	721.4963827				
error	6	0.28068	0.04678			
total	11	721.7770627				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 51

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de isopropilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	isopropil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	14.926	21.433	30.956	6	133.382	22.2303
X1..	29.984	42.696	60.702			
sistema orgánico heptano	13.022	20.421	29.256			
X2..	13.092	20.263	29.852	6	125.906	20.9843
X2..	26.114	40.684	59.108			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	56.098	83.38	119.81	X...=	259.288	
X.j. (media)	14.0245	20.845	29.9525	X...(media)=	21.60733333	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.657548	s2s.o= 4.657548	Fs.o= 29.4858655	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 510.8892807	s2r.m= 255.4446403	Fr.m= 1617.161285	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	0.733922	0.366961	2.323145717	5.14	No hay dif. significativa
subtotal	5	516.2807507				
error	6	0.947752	0.157958667			
total	11	517.2285027				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 52**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de isopropilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	isopropil			ni	xi	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	30.629 29.821 n11=2	31.798 31.14 n12=2	35.791 35.467 n13=2	6	194.646	32.4410
X1..	60.45	62.938	71.258			
sistema orgánico heptano	38.057 38.501 n21=2	36.542 36.026 n22=2	35.491 35.767 n23=2	6	220.384	36.7307
X2..	76.558	72.568	71.258			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j	137.008	135.506	142.516	X...=	415.03	
X.j. (media)	34.252	33.8765	35.629	X...(media)=	34.58583333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 55.20372033	s2s.o= 55.20372033	Fs.o= 382.8336589	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 6.811180667	s2r.m= 3.405590333	Fr.m= 23.61751346	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	32.84742067	16.42371033	113.897199	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	94.86232167				
error	6	0.865186	0.144197667			
total	11	95.72750767				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 53**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de isopropilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	isopropil			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	26.652	35.164	41.625	6	206.2	34.3667
	25.38	35.67	41.709			
	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	52.032	70.834	83.334			
sistema orgánico heptano	25.22	40.682	37.825	6	206.494	34.4157
	25.262	40.568	36.937			
	n21=2	n22=2	n23=2			
X2..	50.482	81.25	74.762			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	102.514	152.084	158.096	X...=	412.694	
X.j. (media)	25.6285	38.021	39.524	X...(media)=	34.39116667	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.007203	s2s.o= 0.007203	Fs.o= 0.032199614	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 465.2239807	s2r.m= 232.6119903	Fr.m= 1039.846774	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	46.086482	23.043241	103.0103383	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	511.3176857				
error	6	1.34219	0.223698333			
total	11	512.6598557				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 54

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-butilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

## DATOS

reacción de esterificación	n-butil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	23.623	38.371	43.898	6	211.652	35.2753
	23.633	39.089	43.038			
	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	47.256	77.46	86.936	6	223.052	37.1753
sistema orgánico heptano	25.631	41.907	44.477			
	25.645	41.933	43.459			
	n21=2	n22=2	n23=2			
X2..	51.276	83.84	87.936			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	98.532	161.3	174.872	X...=	434.704	
X.j. (media)	24.633	40.325	43.718	X...(media)=	36.22533333	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 10.83	s2s.o= 10.83	Fs.o= 56.69118224	F0.95.1.6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 829.3180507	s2r.m= 414.6590253	Fr.m= 2170.591909	F0.95.2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	3.6362	1.8181	9.517104196	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	843.7842507				
error	6	1.14621	0.191035			
total	11	844.9304607				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 55

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-butilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACION MOLAR 1 a 2

## DATOS

reacción de esterificación	n-butil-			ni.	xi.	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	39.23	37.246	48.673	6	250.527	41.7545
X1..	78.51	74.494	97.523			
sistema orgánico heptano	38.821	40.291	47.248			
X2..	76.756	81.888	95.644	6	254.288	42.3813
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	155.266	156.382	193.167	X...=	504.815	
X.j. (media)	38.8165	39.0955	48.29175	X...(media)=	42.06791667	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 1.178760083	s2s.o= 1.178760083	Fs.o= 3.681354133	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 232.5722902	s2r.m= 116.2861451	Fr.m= 363.1701539	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	14.14083817	7.070419083	22.081437	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	247.8918884				
error	6	1.9211845	0.320197417			
total	11	249.8130729				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 56**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-butilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	n-butil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	12.335 12.331 n11=2	31.371 31.571 n12=2	38.716 37.92 n13=2	6	164.244	27.3740
X1..	24.666	62.942	76.636			
sistema orgánico heptano	12.768 11.508 n21=2	33.734 33.895 n22=2	37.8 36.286 n23=2			
X2..	24.276	67.429	74.086	6	165.791	27.8318
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	48.942	130.371	150.722	X...=	330.035	
X.j. (media)	12.2355	32.59275	37.6805	X...(media)=	27.50291667	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.199434083	s2s.o= 0.199434083	Fs.o= 0.525408517	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 1450.33447	s2r.m= 725.1672351	Fr.m= 1910.450989	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	6.497508167	3.248754083	8.55883326	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	1457.031412				
error	6	2.2774745	0.379579083			
total	11	1459.308887				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 57**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-butilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

**DATOS**

reacción de esterificación	n-butil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	42.083	31.364	40.958	6	228.664	38.1107
X1..	41.977	31.97	40.312			
	n11=2	n12=2	n13=2			
sistema orgánico heptano	41.378	41.883	43.393	6	251.946	41.9910
X2..	41.694	40.913	42.685			
	n21=2	n22=2	n23=2			
ni.j	83.072	82.796	86.078	N=	12	
X.j.	4	4	4	X...=	480.61	
X.j. (media)	167.132	146.13	167.348	X...(media)=	40.05083333	
	41.783	36.5325	41.837			

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F. teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 45.17096033	s2s.o= 45.17096033	Fs.o= 231.8631487	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 74.27784867	s2r.m= 37.13892433	Fr.m= 190.6345996	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	55.54465267	27.77232633	142.5557257	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	174.9934617				
error	6	1.168904	0.194817333			
total	11	176.1623657				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 58**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de n-butilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	butil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	30.733 n11=2	40.267 n12=2	42.661 n13=2	6	225.938	37.6563
X1..	60.074	80.646	85.218			
sistema orgánico heptano	25.513 n21=2	43.94 n22=2	40.934 n23=2			
X2..	50.034	86.896	81.798			
ni.j	4	4	4			
X.j.	110.108	167.542	167.016	N=	12	
X.j. (media)	27.527	41.8855	41.754	X...=	444.666	
				X...(media)=	37.0555	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.332008333	s2s.o= 4.332008333	Fs.o= 13.26719316	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 544.788458	s2r.m= 272.394229	Fr.m= 834.2335873	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	33.55811667	16.77905833	51.38748378	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	582.678583				
error	6	1.959122	0.326520333			
total	11	584.637705				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 59**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de bencilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	bencil-			ni.	xi..	xi...(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	32.168	37.825	42.295	6	228.33	38.0550
X1..	65.662	75.604	87.064			
n11=2 n12=2 n13=2						
sistema orgánico heptano	30.082	37.85	45.837	6	226.383	37.7305
X2..	29.946	37.749	44.919			
n21=2 n22=2 n23=2	60.028	75.599	90.756			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	125.69.	151.203	177.82	X...=	454.713	
X.j. (media)	31.4225	37.80075	44.455	X...(media)=	37.89275	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.31590075	s2s.o= 0.31590075	Fs.o= 0.433112112	F0.95.1.6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 339.7428965	s2r.m= 169.8714483	Fr.m= 232.9003074	F0.95.2.6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	11.0273105	5.51365525	7.559434008	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	351.0861078				
error	6	4.3762445	0.729374083			
total	11	355.4623522				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 60

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de bencilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 2

## DATOS

reacción de esterificación	bencil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	33.834 33.886 n11=2	42.231 42.735 n12=2	47.953 46.825 n13=2	6	247.464	41.2440
X1..	67.72	84.966	94.778			
sistema orgánico heptano	33.761 33.959 n21=2	41.551 41.607 n22=2	47.125 48.301 n23=2			
X2..	67.72	83.158	95.426			
ni,j	4	4	4	N=	12	
X.j.	135.44	168.124	190.204	X...=	493.768	
X.j. (media)	33.86	42.031	47.551	X...(media)=	41.14733333	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 0.112133333	s2s.o= 0.112133333	Fs.o= 0.455453185	F0.95,1,6= 5.99	No hay dif. significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 379.5721627	s2r.m= 189.7860813	Fr.m= 770.8562005	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	0.810058667	0.405029333	1.645112069	5.14	No hay dif. significativa
subtotal	5	380.4943547				
error	6	1.47721	0.246201667			
total	11	381.9715647				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE ACEPTA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE NO EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO 61**

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de bencilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 2 a 1

**DATOS**

reacción de esterificación	bencil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	16.848	16.107	39.835	6	143.928	23.9880
X1..	32.096	33.122	78.71			
sistema orgánico heptano	10.702	16.175	39.652			
X2..	20.548	33.122	79.054	6	132.724	22.1207
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	52.644	66.244	157.764	X...=	276.652	
X.j. (media)	13.161	16.561	39.441	X...(media)=	23.05433333	

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 10.46080133	s2s.o= 10.46080133	Fs.o= 22.03323829	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 1634.257067	s2r.m= 817.1285333	Fr.m= 1721.090681	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	22.90785867	11.45392933	24.1250308	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	1667.825727				
error	6	2.848642	0.474773667			
total	11	1670.474369				

**DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:**

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO 62

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de bencilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 1 a 0.25

## DATOS

reacción de esterificación	bencil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	34.788	24.696	50.392	6	219.762	36.6270
	34.868	25.244	49.774			
	n11=2	n12=2	n13=2			
X1..	69.656	49.94	100.166	6	234.576	39.0960
sistema orgánico heptano	31.564	35.241	51.504			
	30.548	35.107	50.612			
	n21=2	n22=2	n23=2			
X2..	62.112	70.348	102.116			
ni.j	4	4	4	N=	12	
X.j.	131.768	120.288	202.282	X...=	454.338	
X.j. (media)	32.942	30.072	50.5705	X...(media)=	37.8615	

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 18.287883	s2s.o= 18.287883	Fs.o= 86.58680199	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 985.585886	s2r.m= 492.792943	Fr.m= 2333.204176	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	101.012342	50.506171	239.1292545	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	1104.886111				
error	6	1.267252	0.211208667			
total	11	1106.153363				

## DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO 63

Análisis de varianza de dos factores para la producción de ésteres a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

Efecto de la longitud de la cadena de ácido en la producción de ésteres de bencilo a través de reacciones catalizadas por *Ceratocystis fimbriata*

RELACIÓN MOLAR 0.25 a 1

#### DATOS

reacción de esterificación	bencil-			ni.	xi..	xi..(media)
	acetato	propionato	butirato			
sistema orgánico hexano	32.166 n11=2	41.115 n12=2	41.335 n13=2	6	232.274	38.7123
X1..	65.714	83.334	83.226			
sistema orgánico heptano	27.58 n21=2	40.182 n22=2	44.078 n23=2			
X2..	55	80.304	89.28			
ni.j	4	4	4			
X.j.	120.714	163.638	172.506	N=	12	
X.j. (media)	30.1785	40.9095	43.1265	X...=	456.858	
				X...(media)=	38.0715	

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F teórica	CONCLUSIÓN
sistema orgánico	1	S.Cs.o= 4.928008333	s2s.o= 4.928008333	Fs.o= 12.50115211	F0.95,1,6= 5.99	diferencia significativa
longitud de cadena	2	S.Cr.m= 383.626872	s2r.m= 191.813436	Fr.m= 486.5837835	F0.95,2,6= 5.14	diferencia significativa
interacción	2	35.22739467	17.61369733	44.68164311	5.14	diferencia significativa
subtotal	5	423.782275				
error	6	2.365226	0.394204333			
total	11	426.147501				

#### DECISIÓN Y CONCLUSIÓN:

- 1.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 1, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LOS SISTEMAS HEXANO Y HEPTANO
- 2.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 2, POR LO QUE EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS MEDIAS DE LAS DISTINTAS LONGITUDES DE CADENA DE ÁCIDO
- 3.-SE RECHAZA  $H_0$  DE LA HIPÓTESIS 3, POR LO QUE EXISTE EFECTO DE INTERACCIÓN SISTEMA ORGÁNICO-LONGITUD DE CADENA DE ÁCIDO

# SECCION X.III

---

---

## Anexo c: Comparación con síntesis orgánica y otros métodos biotecnológicos

---

---

“La libertad no consiste en hacer lo que se quiere, sino en hacer lo que se debe”

Ramón de Campoamor

## X.III- Anexo c: Comparación con síntesis orgánica y otros métodos biotecnológicos

### 1.- Síntesis orgánica

En este anexo, se llevo a cabo una revisión bibliográfica en una de las más importantes referencias dentro de la química orgánica: Chemical Abstract; se abarcaron los años 1920 a 1997.

Para esta búsqueda se considero el compuesto sintetizado y que dentro del abstract se contemplaran condiciones tales como, reactivos, temperatura y tiempo de reacción, así como rendimiento.

En total se encontraron 451 referencias, de las cuales se eligieron las que se presentan a continuación por contener todos los elementos deseados para llevar a cabo una comparación. Para algunos ésteres no se presenta ninguna referencia por haber muy poca información de ellos, o bien, porque las referencias encontradas no indicaban ciertas características importantes para este anexo.

#### Éster : acetato de metilo

Reactivos	Temperatura (°C)	Tiempo (hrs)	Rendimiento (%)	Referencia
CH <sub>3</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	reflujo	5	83	64
CH <sub>3</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	reflujo	5	92	112
CH <sub>3</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + Ni	300	4	99	120
(PhP <sub>2</sub> )Ni + CH <sub>3</sub> OH	300	4	76	121
CH <sub>3</sub> OH + CH <sub>3</sub> I + Pb	250	2	42.6	122
CH <sub>3</sub> O <sub>2</sub> CCH <sub>2</sub> Br + PhCl	80-110	4	50	123
Rh + Ni + HCOCH <sub>3</sub> I	210-215	6	25.1	124
CO + CH <sub>3</sub> OH + Fe	200	4	81.2	125
Rh + CO + CH <sub>3</sub> OH	180	1	25	126
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> OH + CO	250	3	89	127
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> OH	320	4	40	128



**Ester : acetato de etilo**

Reactivos	Temperatura (°C)	Reacción (horas)	rendimiento (%)	Referencia
Deshidrogenación de CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	175	4	78.8	129
CH <sub>3</sub> COOH + COH <sub>2</sub>	180	3	6.7	130
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	reflujo	12	42	131
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + RuCl <sub>2</sub> + ZnI <sub>2</sub>	122	4	18.6	132
(CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O + CH <sub>3</sub> COOH + BF <sub>3</sub> O(CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	150	2	88.6	133
CH <sub>3</sub> Cl + CH <sub>3</sub> COONa	290	6	49.2	112
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	80	4	49	134
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + S <sub>2</sub>	260	4	45	135
(CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O + Pb	320	2	62.2	136
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	83	4	61	137
Cu(OH) <sub>2</sub> + Al(OH) <sub>3</sub> + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH	200	3	30	138
HgCl <sub>2</sub> + FeCl <sub>3</sub> + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH	reflujo	6	98	139
CH <sub>4</sub> + CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	40	2	99.1	140
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + SiF <sub>4</sub>	470	3	60	112
CH <sub>3</sub> COOH + CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	100	10	81	171
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + Cu	275	4	28.4	141
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH + Cu + Ni	150	6	46.4	142

Reactivos	Temperatura (°C)	Reacción (horas)	rendimiento (%)	Referencia
<b>Éster: acetato de n-propilo</b> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	reflujo	12	46	112
<b>Éster: acetato de isopropilo</b> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	reflujo	18	56	104, 112
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	125	8	20	143
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH	100	10	84.7	171
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + MgCl <sub>2</sub>	150	4	46.2	144
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	65	6	80	145
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH + CH <sub>3</sub> COOH	85	8	82	146

**Éster : acetato de n-butilo**

Reacción	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Rendimiento (%)	Referencia
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	1.30	84	103
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} +$ resina de intercambio Dowex	91	0.5	60	65
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{HCl}$	reflujo	8	40	65
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	80.5	3	90	147
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{S}_2$	80	2	69.9	148
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	100	1	97.5	149
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{ZrOCl}_2$	50	4	68.3	150
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	65	3	90	104, 112
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	70	4	64	112
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	98	9	49	151
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{KHSO}_4$	100	8	45.4	152
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	90	6	90	153

**Éster: acetato de bencilo**

Reacción	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Rendimiento (%)	Referencia
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PhCH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	9	37	112
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PhCH}_2\text{OH} +$ resina de intercambio iónico	147	2	75	104
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PhCH}_2\text{OH} + \text{B}_2\text{H}$	75	1	80	154
$\text{CH}_3\text{COONa} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{PhCH}_2\text{Cl}$	102	6	90	155
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PhCH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	114	4	99.9	156
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PhCH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	110	2	46	157
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{PhCH}_2\text{OH}$	40	8	64	158

**Éster: propionato de metilo**

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	100	24	31	105, 112
------------------------------------------------------------------------------------	-----	----	----	----------

**Éster: propionato de etilo**

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}_2$	110	24	40	112
----------------------------------------------------------------------------------------------	-----	----	----	-----

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	98	0.1	95.9	159
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----	-----	------	-----

**Éster: propionato de n-propilo**

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	24	45	112
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	----	----	-----

**Éster: propionato de n-butilo**

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	24	55	112
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------	----	----	-----

<b>Éster: butirato de etilo</b> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	14	26	112
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{Cu}$	reflujo	4	50	160
$\text{CH}_2\text{Cl}_2 + \text{CHCl}_3 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	reflujo	4	99	161
<b>Éster: butirato de n-propilo</b> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	24	38	112
<b>Éster: butirato de n-butilo</b> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$	reflujo	25	32	105, 112

## 2.- Métodos biotecnológicos

Para este caso se realizó una búsqueda entre las principales revistas internacionales del ramo partiendo de 1985 hasta la fecha. Se seleccionaron aquellos artículos que contaron con toda la información necesario para establecer la comparación. Entre las principales fuentes analizadas están: *Biotechnology and Bioengineering*, *Phytochemistry*, *Journal of Biotechnology*, *Journal of American Chemical Society* y *Journal of American Oil Chemical Society*.

### Éster: propionato de metilo

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$	lipasa inmovilizada de <i>Mucor miehi</i>	dietiléter/ hexano	5	5	25.8	25
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$	lipasa inmovilizada de <i>Mucor miehi</i>	dietiléter/ hexano	20	5	63.5	25
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$	lipasa inmovilizada de <i>Mucor miehi</i>	dietiléter/ hexano	30	5	72.4	25
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$	lipasa inmovilizada de <i>Mucor miehi</i>	dietiléter/ hexano	35	5	76.5	25
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$	lipasa inmovilizada de <i>Mucor miehi</i>	dietiléter/ hexano	40	5	70.2	25
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH}$	lipasa inmovilizada de <i>Mucor miehi</i>	dietiléter/ hexano	60	5	64	25
<b>Éster: propionato de etilo</b> $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} +$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	lipasa libre de <i>C.cylindracea</i>	hexano	57	10	52	68

## Éster: butirato de n-butilo

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>C. cylindracea</i>	hexano	30	48	85.9	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>H. lanuginosa</i>	hexano	30	48	100	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>M. miehie</i>	hexano	30	48	48.6	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>P. cyclopium</i>	hexano	30	48	54.4	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>P. roqueforti</i>	hexano	30	48	5.5	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>R. arrhizus</i>	hexano	30	48	0	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>R. delemar</i>	hexano	30	48	81.5	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>R. japonicus</i>	hexano	30	48	17	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>R. javanicus</i>	hexano	30	48	85.7	67
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	<i>R. niveus</i>	hexano	30	48	25.7	67

# SECCION X.IV

---

---

## Anexo d: Esteres y su caracterización

---

---

“La libertad significa responsabilidad; por eso, la mayoría de los  
hombres le tienen tanto miedo”

George Bernard Shaw

---

---

## X.IV.- Anexo d: Ésteres y su caracterización

---

---

---

---

### 1.- Punto de ebullición

---

---

El punto o temperatura de ebullición se define como la temperatura a la cual la presión de vapor saturada del líquido es igual a la presión de la atmósfera bajo la cual el líquido ebulle.

El punto de ebullición depende de la presión atmosférica y varía con respecto a esta. Normalmente, el punto de ebullición se determina a 760 mmHg o 1 atmósfera.<sup>78,102</sup>

---

---

### 2.- Espectroscopía de infrarrojo

---

---

Una molécula vibra constantemente: sus enlaces se alargan y contraen. La absorción de la luz infrarroja produce cambios en las vibraciones de una molécula.

El espectro de infrarrojo ayuda a conocer la estructura de un compuesto al informar de los grupos que se encuentran en una molécula, o que no están en ella.

Un grupo de átomos determinados da origen a bandas de absorción características, es decir, un grupo específico absorbe luz de frecuencias determinadas.

---

---

### 3.- Espectrometría de masas

---

---

Como el espectro de infrarrojo, el espectro de masas es una propiedad muy característica de un compuesto orgánico.

En el espectrómetro de masas se bombardean las moléculas con un haz de electrones energéticos, que las ionizan y rompen en muchos fragmentos.

El conjunto de iones se analiza de modo que se obtiene una señal que refleja la abundancia relativa del ión que la produce.

El espectro de masas ayuda a establecer la estructura de un compuesto de diversas formas: dar un peso molecular exacto; dar una fórmula molecular o, al menos, reducir las posibilidades a muy pocas.

También puede indicar la presencia de ciertas unidades estructurales en una molécula.<sup>94,96,99</sup>

---

---

#### 4.- Tiempo de retención

---

---

Dentro de la cromatografía de gases, el tiempo de retención es uno de los valores más importantes. El tiempo de retención involucra el período siguiente a la inyección que es necesario para que un compuesto pase a través de una columna.

Este valor es siempre constante para un conjunto de condiciones definidas ( temperatura y longitud de la columna, fase líquida, gas acarreador, velocidad de flujo, etc. ), lo cual permite hacer una comparación con su equivalente en la Cromatografía en capa fina: el Rf.

El tiempo de retención se determina a partir del tiempo en que se inyecta la muestra hasta el tiempo en que se presenta la máxima desviación del pico del componente que este siendo analizado.

Cuando se obtiene este valor bajo condiciones controladas, puede identificar a un compuesto por una comparación directa de este dato con valores de compuestos conocidos determinados bajo las mismas condiciones.<sup>79-81</sup>

---

---

#### 5.- Propiedades organolépticas

---

---

Como su nombre lo indica, las propiedades organolépticas son características que se obtienen, en este caso, para un compuesto químico, a través de los sentidos.

De la vista se obtiene el color y el estado físico del compuesto ( sólido, líquido o gaseoso ), así como ciertas propiedades adicionales ( en el caso de sólidos: si esta en forma de hojuelas, polvo, escamas, etc; en el caso de líquidos su viscosidad ).

Del sentido del olfato se obtiene el aroma del compuesto.

A través del sentido del gusto se conoce el sabor del compuesto y a través del tacto su consistencia.

El sentido del oído rara vez tiene empleo y generalmente se utiliza para evaluar si algún sólido cristalino fluye ( por el ruido que dicha fluidez produce ).<sup>102</sup>

## 6.- Ésteres y su caracterización

### Acetato de metilo



Peso molecular: 74 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

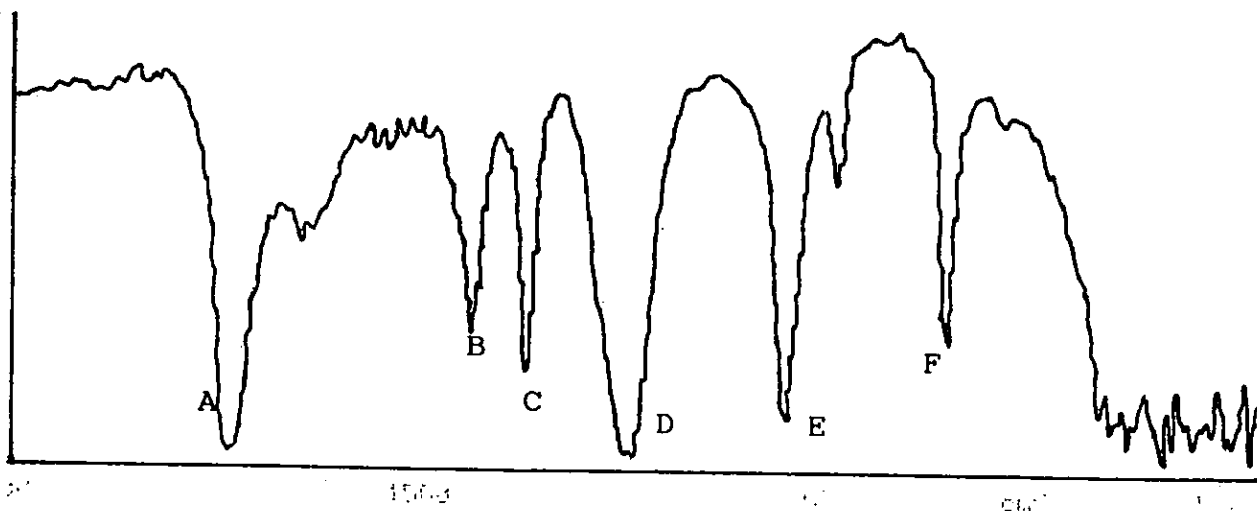
Punto de ebullición: 56-58°C

Aroma: etéreo

Tiempo de retención: 2.139 min

### ESPECTRO DE INFRARROJO

muestra



#### Bandas características del espectro de infrarrojo

1770 $\text{cm}^{-1}$	A: C=O
1440 $\text{cm}^{-1}$	B: $\text{CH}_3\text{-C(=O)-O}$
1360 $\text{cm}^{-1}$	C: $\text{CH}_3\text{-OC(=O)-R}$
1270 $\text{cm}^{-1}$	D: $\text{C-C(=O)-O}$
1050 $\text{cm}^{-1}$	E: C-C-O
860 $\text{cm}^{-1}$	F: $\text{CH}_3$

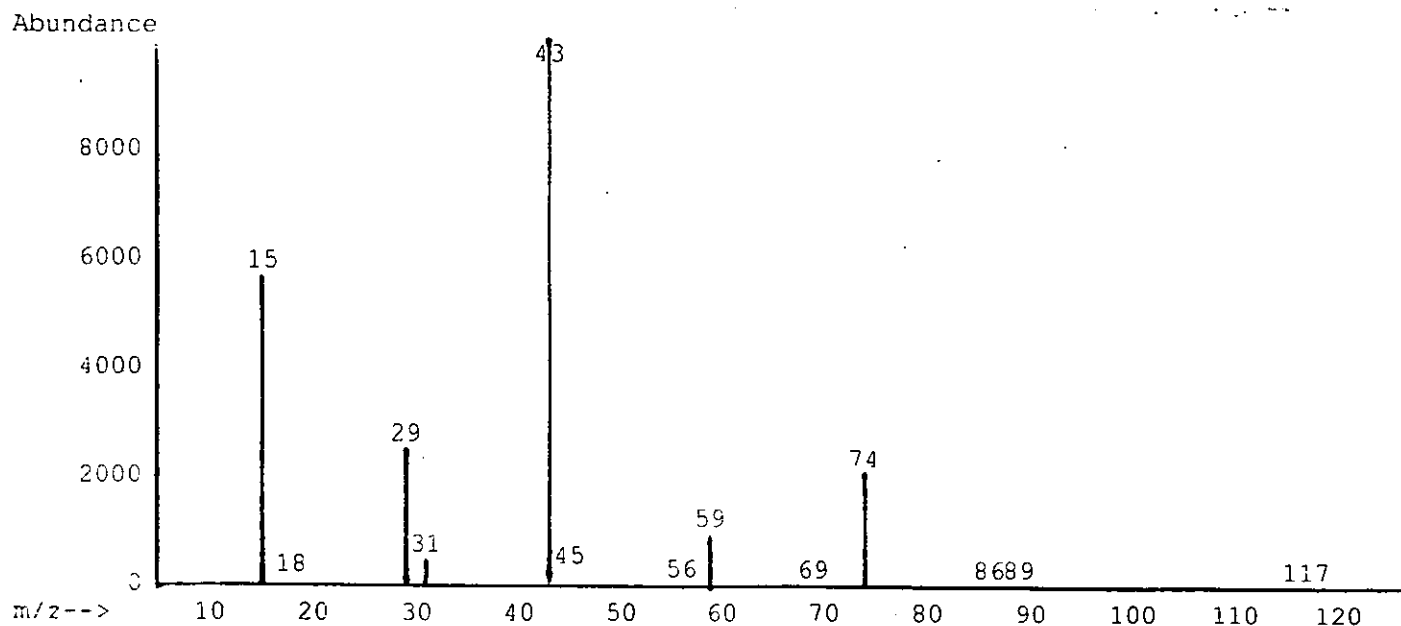
#### Picos característicos del espectro de masas

$m/z$ :
15: $\text{CH}_3$
29: $\text{OCH}_3$
43: $\text{CH}_3\text{-O}$
59: $\text{C(=O)OCH}_3$
74: $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$

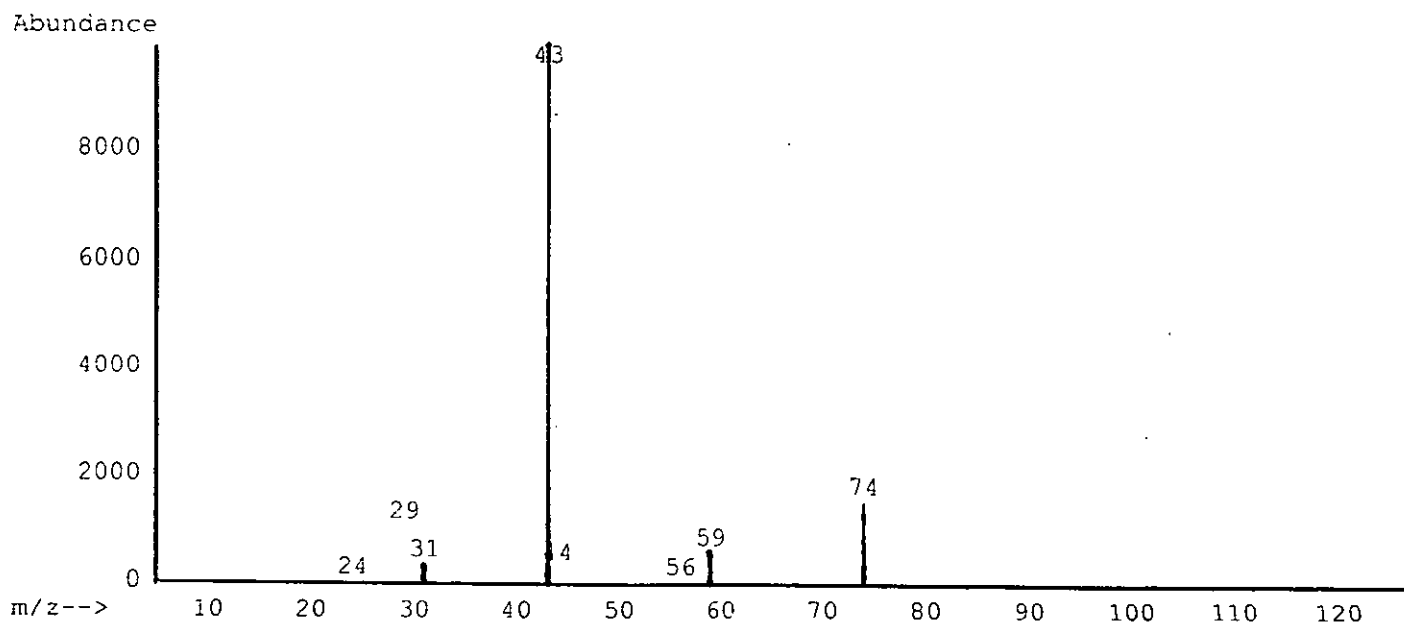


**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Acetato de etilo**

Peso molecular: 81.11 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

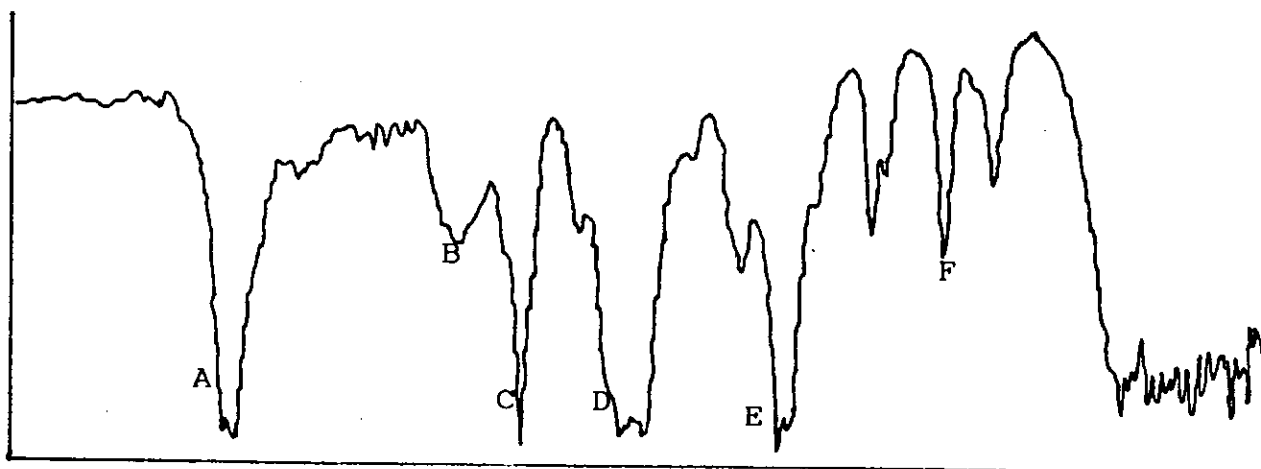
Punto de ebullición: 77-78°C

Aroma: etéreo

Tiempo de retención: 3.508 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -OC(=O)-
1360 cm <sup>-1</sup>	C: CH <sub>3</sub> -C(=O)-O
1270 cm <sup>-1</sup>	D: C-C(=O)-O
1050 cm <sup>-1</sup>	E: C-C-O
860 cm <sup>-1</sup>	F: CH <sub>3</sub>

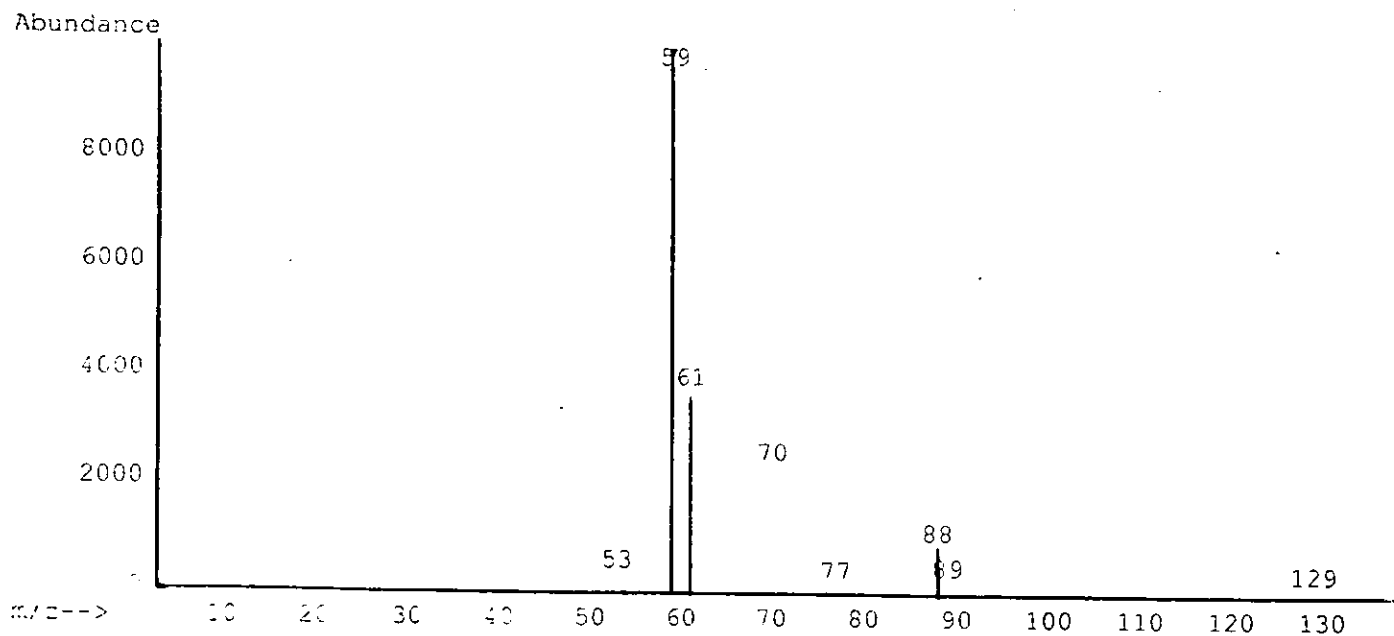
**Picos característicos del espectro de masas**

m/z:

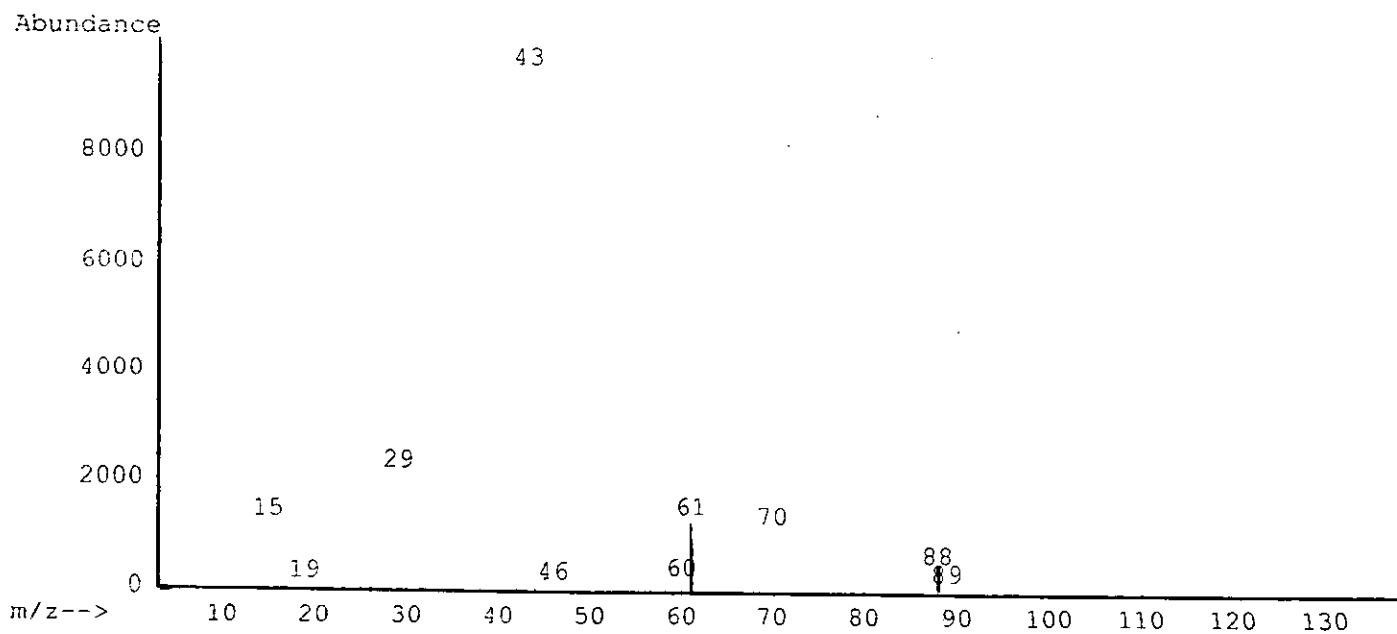
59: C(=O)OCH<sub>3</sub>61: CH<sub>3</sub>C(=O)O + 2H88: CH<sub>3</sub>COOCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Acetato de n-propilo**

Peso molecular: 102.14 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

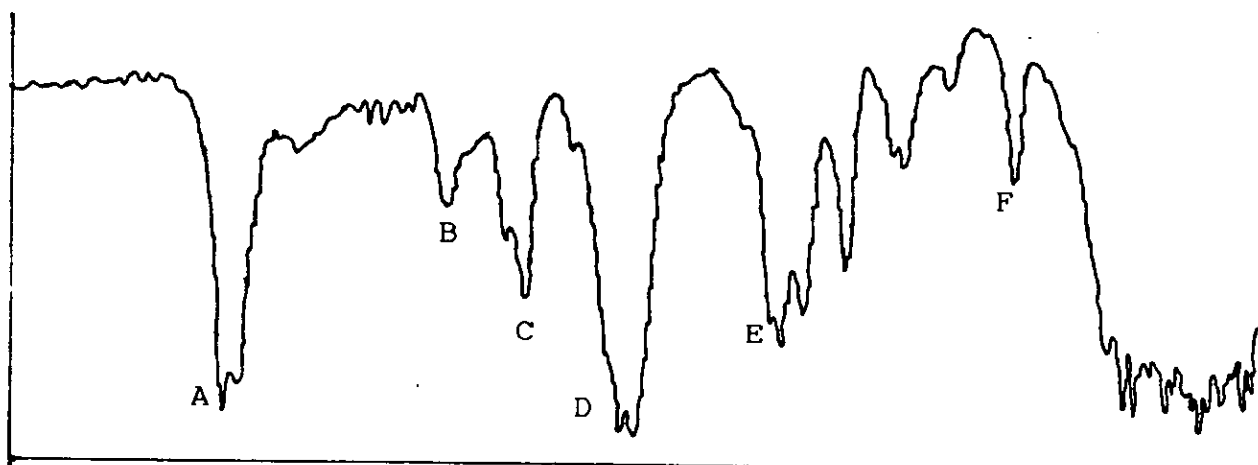
Punto de ebullición: 102-104°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 2.846 min.

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

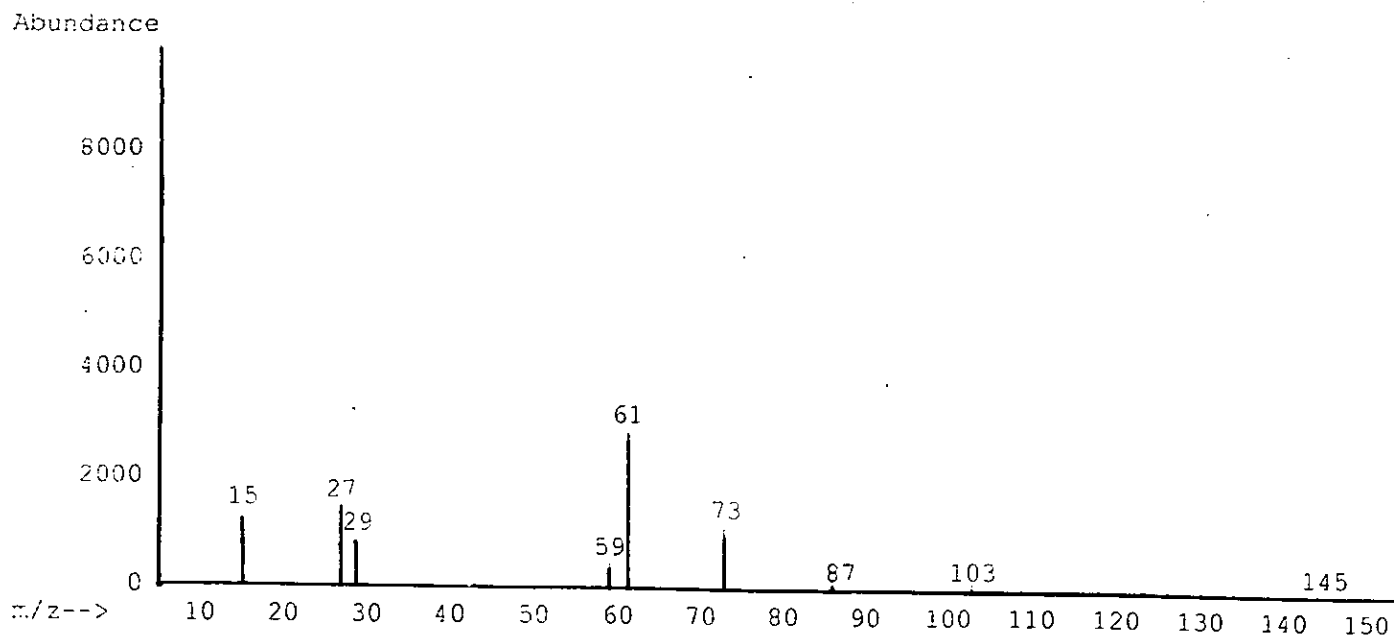
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH₂-OC(=O)-
1360 cm <sup>-1</sup>	C: CH₃-C(=O)-O
1270 cm <sup>-1</sup>	D: C-C(=O)-O
1050 cm <sup>-1</sup>	E: C-C-O
745 cm <sup>-1</sup>	F: -CH₂-

**Picos característicos del espectro de masas**

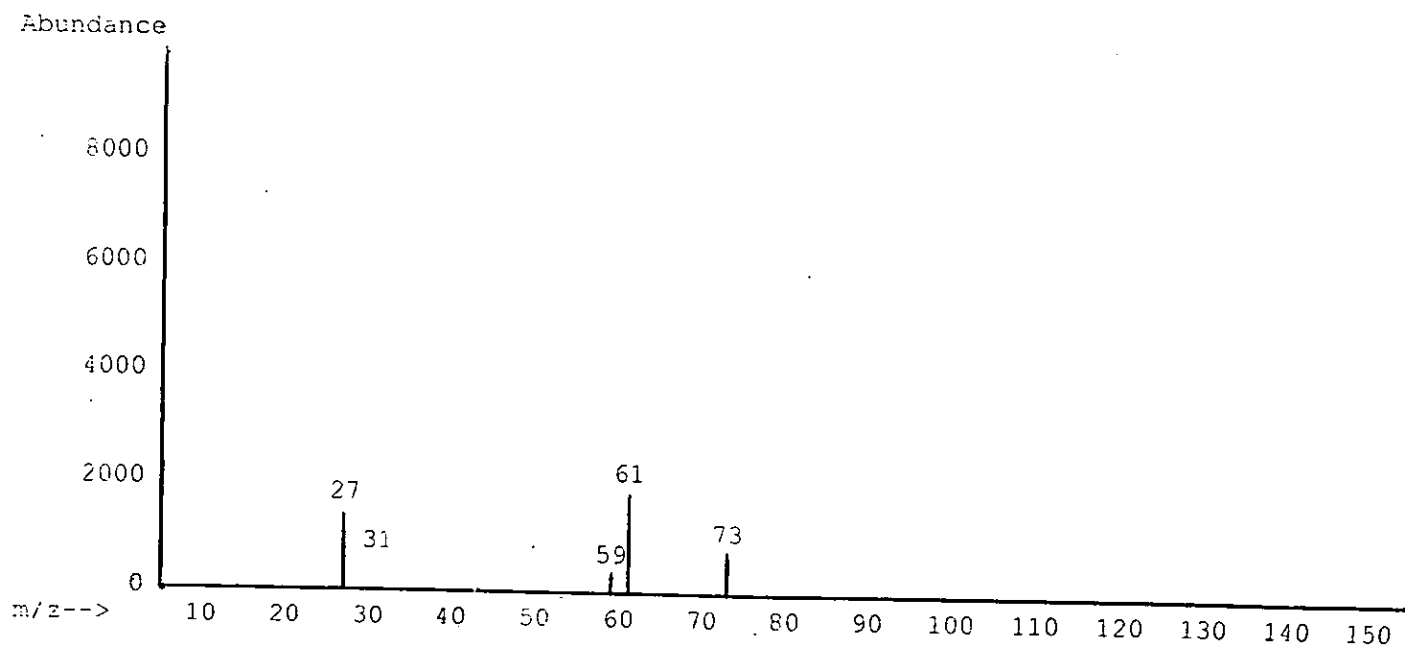
m/z:
15: CH₃
27: CH₂=CH
29: CH₃CH₂
59: C(=O)OCH₃
61: C(=O)CH₃ + 2H
73: CH₃CH₂C(=O)O
87: CH₃C(=O)OCH₂CH₂
103: CH₃COOCH₂CH₂CH₃

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Acetato de isopropilo**

Peso molecular: 102.14 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

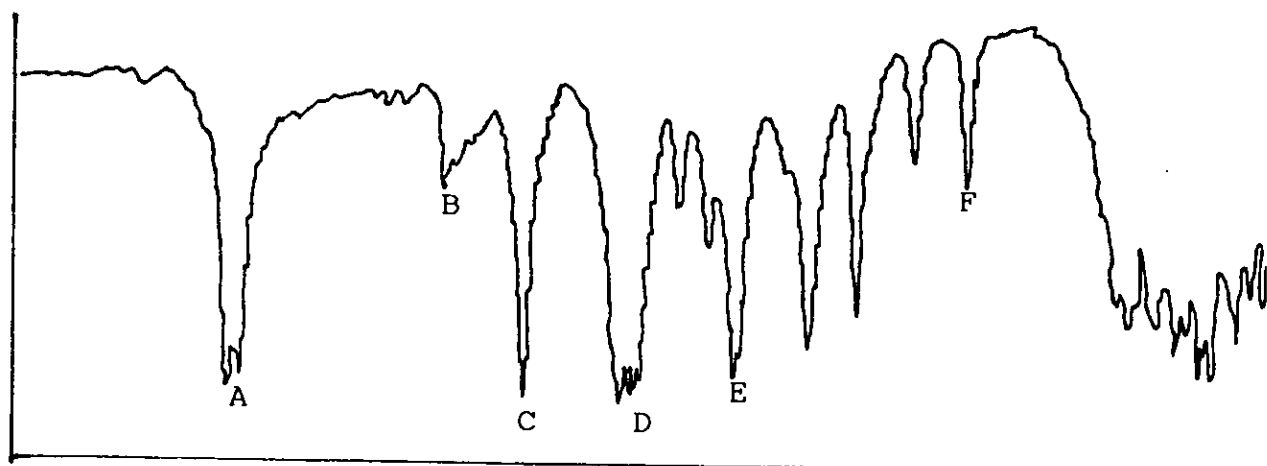
Punto de ebullición: 88-90°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 2.545 min.

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

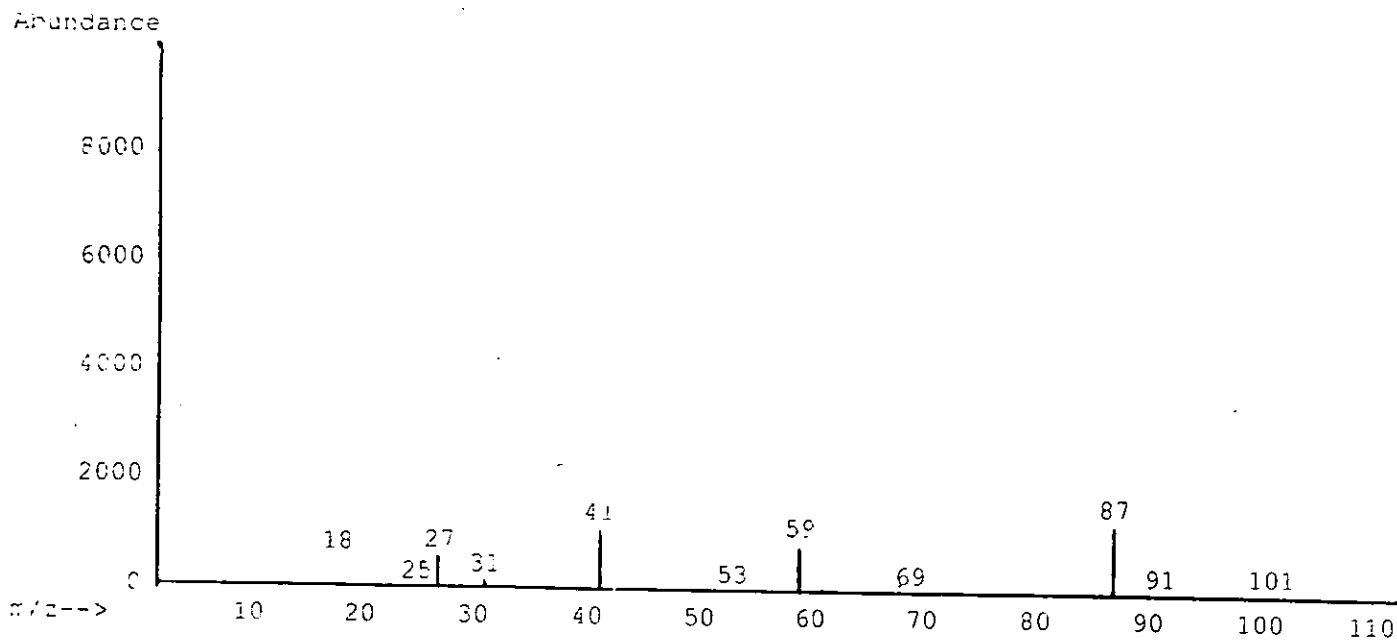
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1400 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -OC(=O)-
1360 cm <sup>-1</sup>	C: CH <sub>3</sub> -C(=O)-O
1270 cm <sup>-1</sup>	D: C-C(=O)-O
1090 cm <sup>-1</sup>	E: C-C-O
818 cm <sup>-1</sup>	F: -CH <sub>2</sub> -

**Picos característicos del espectro de masas**

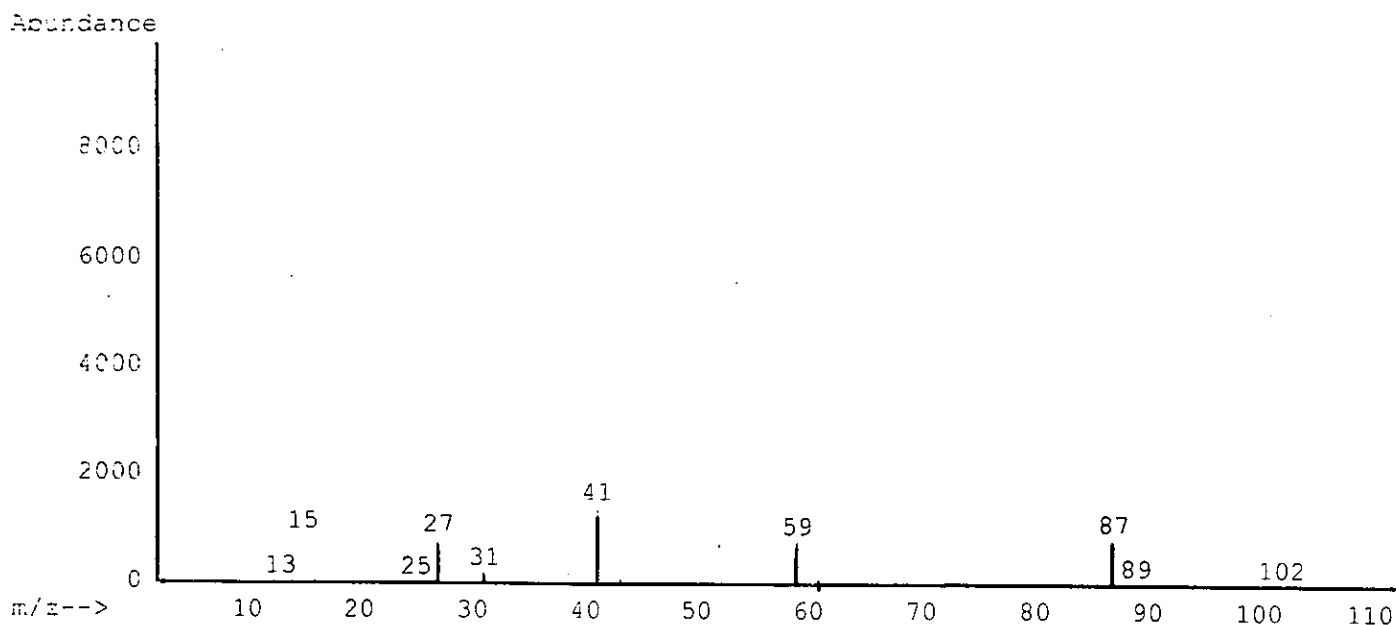
m/z:
27: CH <sub>2</sub> =CH
31: OCH <sub>3</sub>
41: CH <sub>2</sub> =CHCH <sub>2</sub>
59: C(=O)OCH <sub>3</sub>
69: CH <sub>2</sub> =C(CH <sub>3</sub> )C=O
87: CH <sub>3</sub> C(=O)OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>

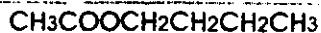
**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Acetato de n-butilo**

Peso molecular: 116.16 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

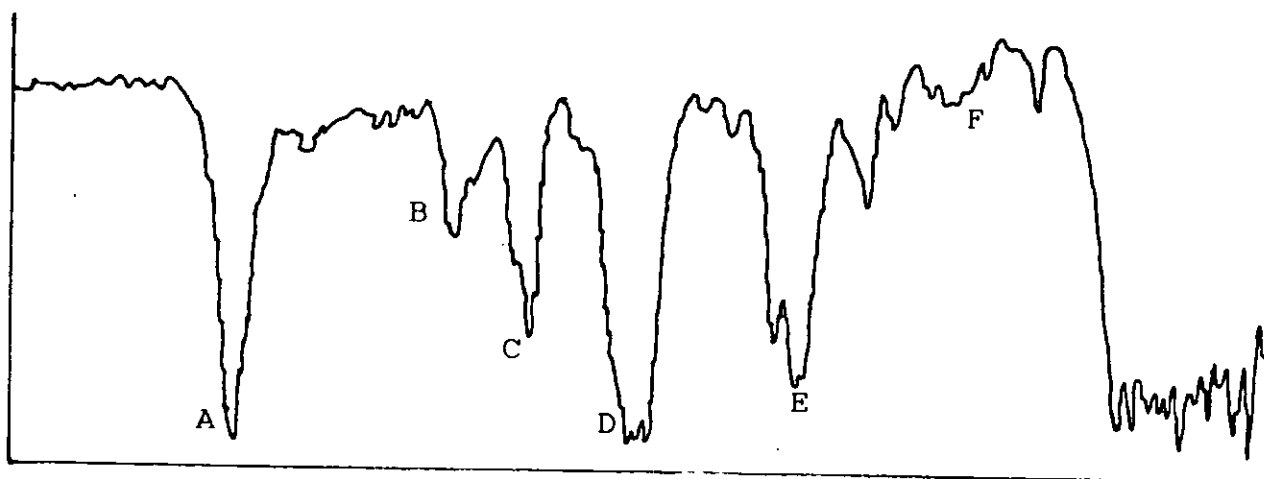
Punto de ebullición: 125-126°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 3.987 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

1770 cm⁻¹ A: C=O

1440 cm⁻¹ B: -CH₂-OC(=O)-

1360 cm⁻¹ C: CH₃-C(=O)-O

1270 cm⁻¹ D: C-C(=O)-O

1050 cm⁻¹ E: C-C-O

818 cm⁻¹ F: -CH₂-

**Picos característicos del espectro de masas**

m/z:

15: CH₃

27: CH₂=CH

31: OCH₃

43: CH₃C=O

56: CH₃CH₂CH₂CH

61: C(=O)CH₃ + 2H

73: CH₃CH₂C(=O)O

87: CH₃C(=O)OCH₂CH₂

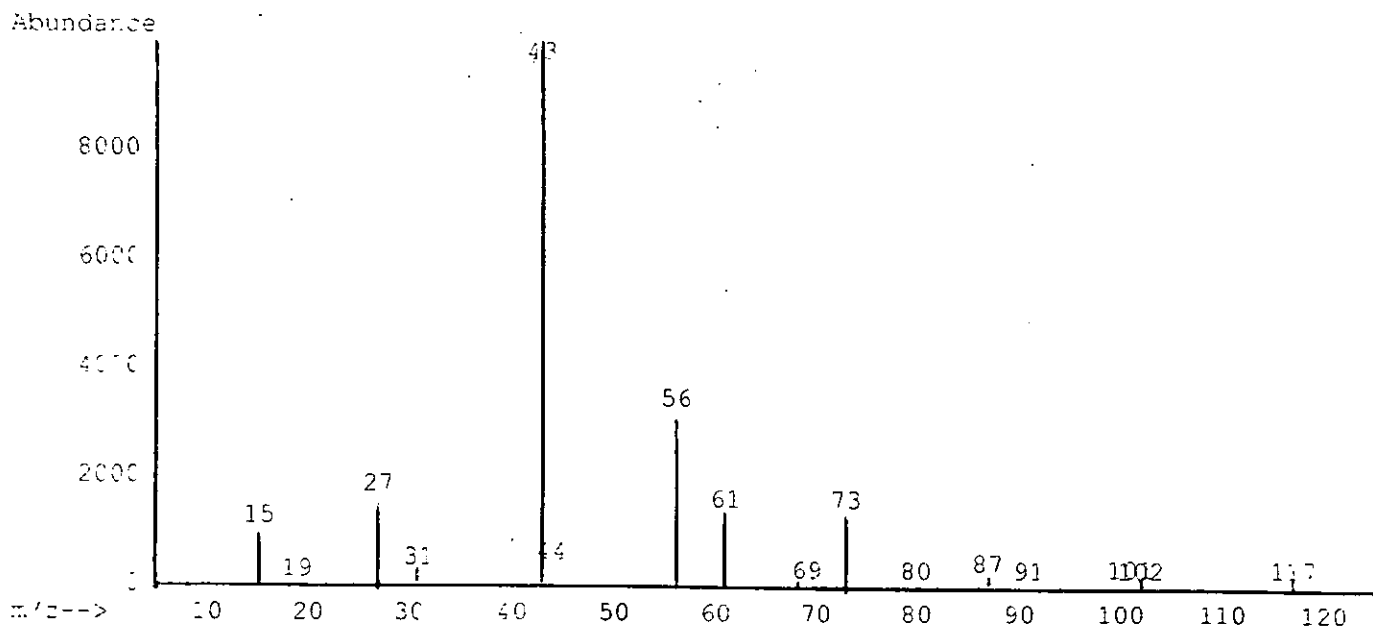
101: C=OCH₂CH₂CH₂CH₃

117: CH₃COOCH₂CH₂CH₂CH₃

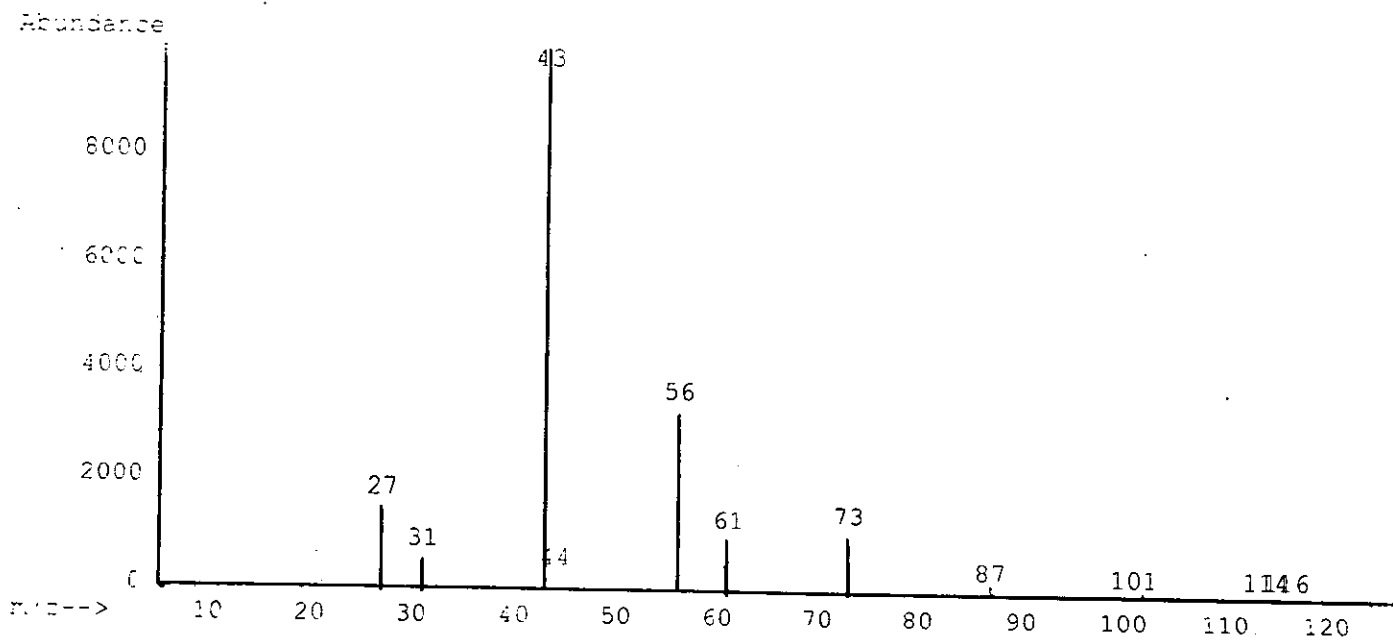


ESPECTRO DE MASAS

muestra



estándar



**Acetato de bencilo**

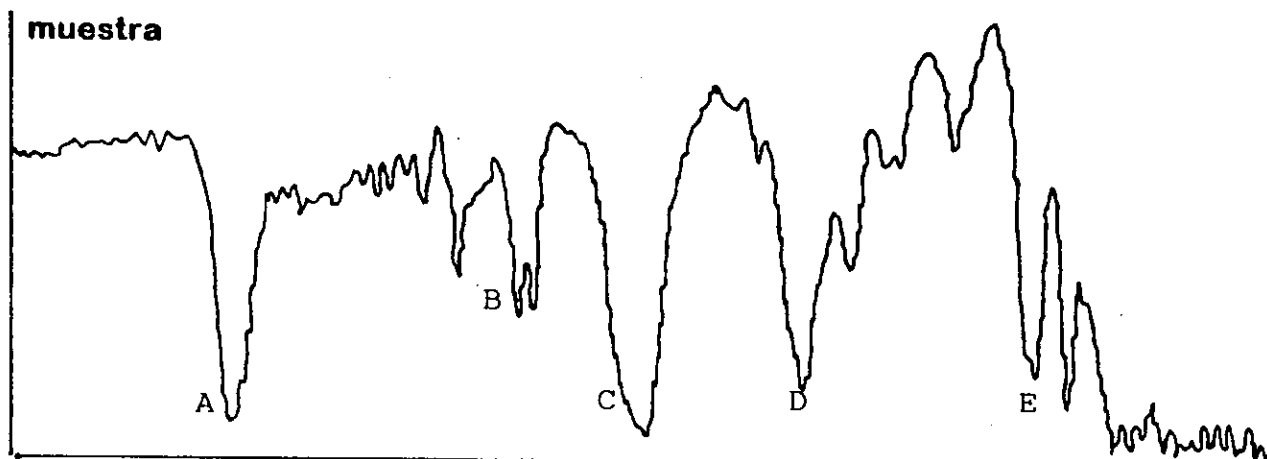
Peso molecular: 150.17 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

Punto de ebullición: 213-216°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 14.492min

**ESPECTRO DE INFRARROJO****Bandas características del espectro de infrarrojo**

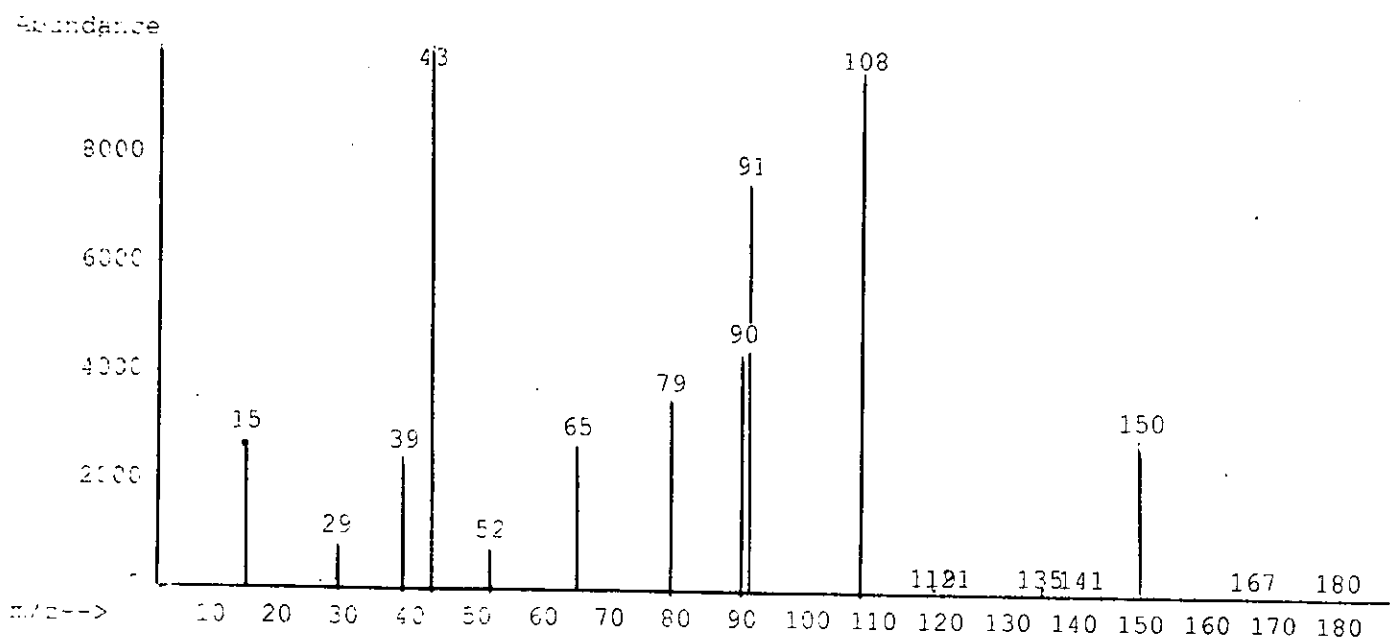
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: CH <sub>3</sub> -C(=O)-O
1270 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1050 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O
745 cm <sup>-1</sup>	F: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -

**Picos característicos del espectro de masas**

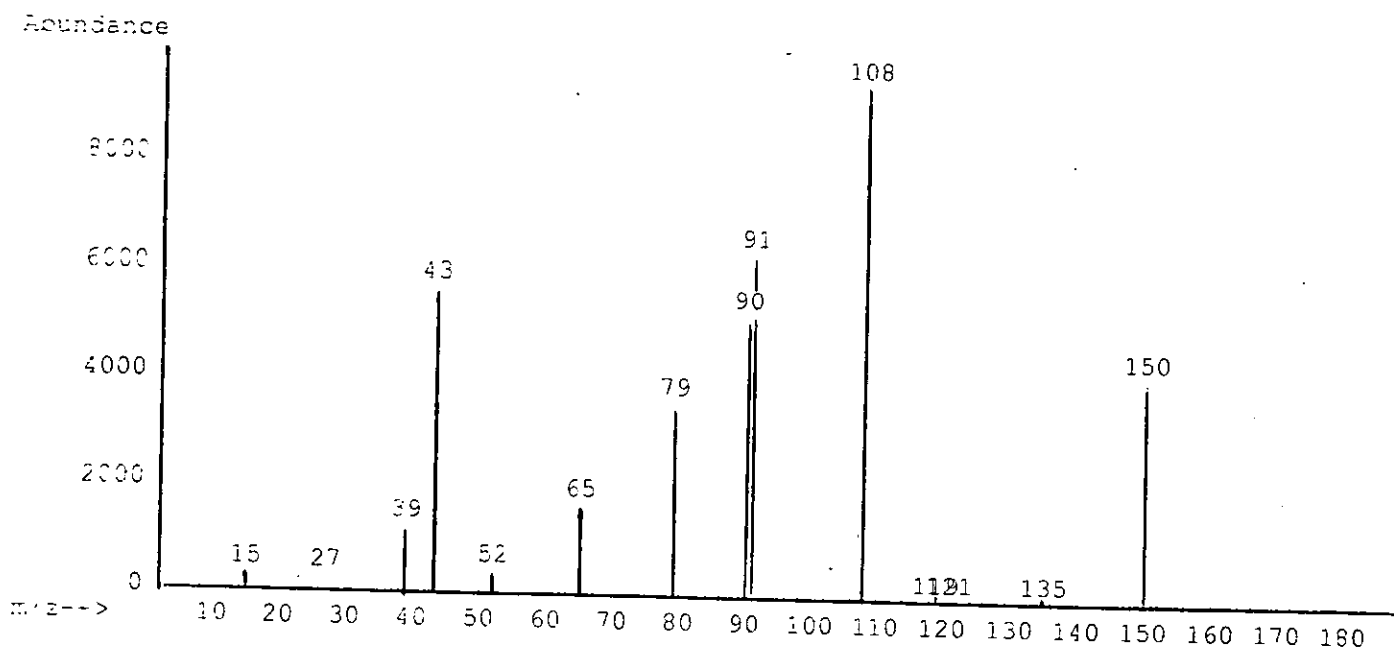
m/z:
15: CH <sub>3</sub>
29: C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
39: C <sub>3</sub> H <sub>3</sub>
43: CH <sub>3</sub> C=O
52: C <sub>4</sub> H <sub>4</sub>
65: C <sub>5</sub> H <sub>5</sub>
79: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> + 2H
90: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH
91: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub>
108: C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> O+ H
119: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> CO
135: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O
150: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Propionato de metilo**

Peso molecular: 88.11g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

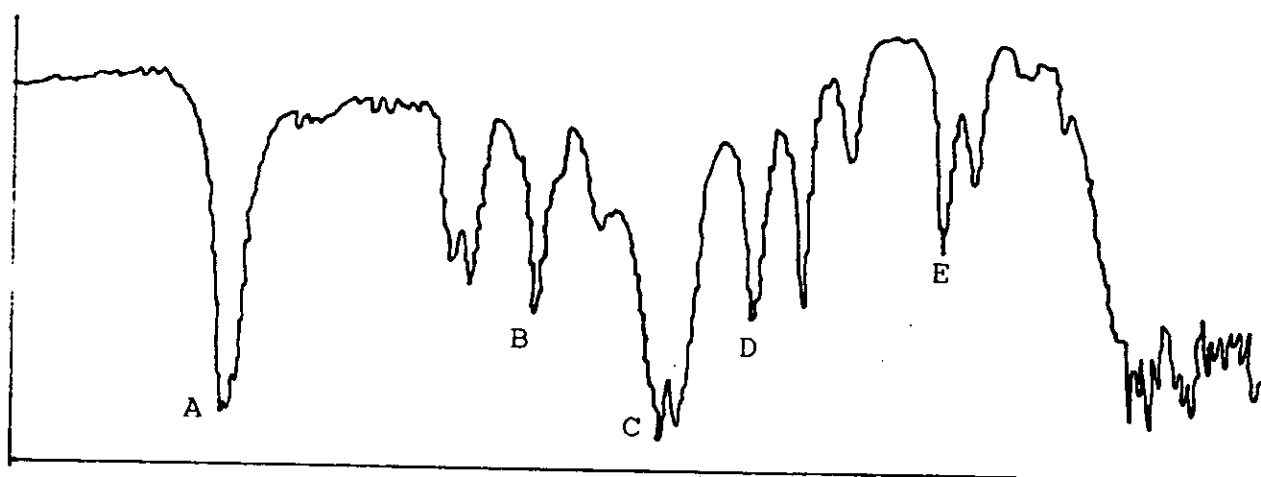
Punto de ebullición: 80-81°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 2.349 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra



Bandas características del espectro de infrarrojo

1770  $\text{cm}^{-1}$  A: C=O1360  $\text{cm}^{-1}$  B: -CH<sub>2</sub>-C(=O)-O1270  $\text{cm}^{-1}$  C: C-C(=O)-O1090  $\text{cm}^{-1}$  D: C-C-O818  $\text{cm}^{-1}$  E: CH<sub>3</sub>

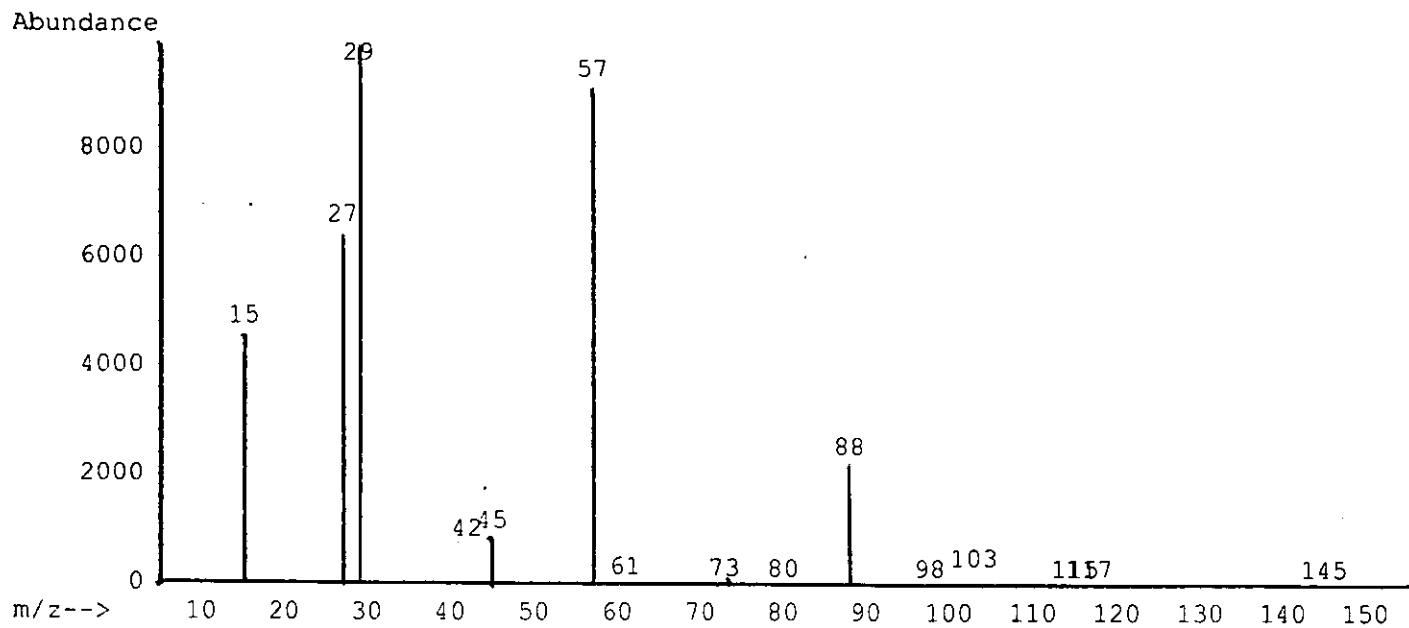
Picos característicos del espectro de masas

m/z:

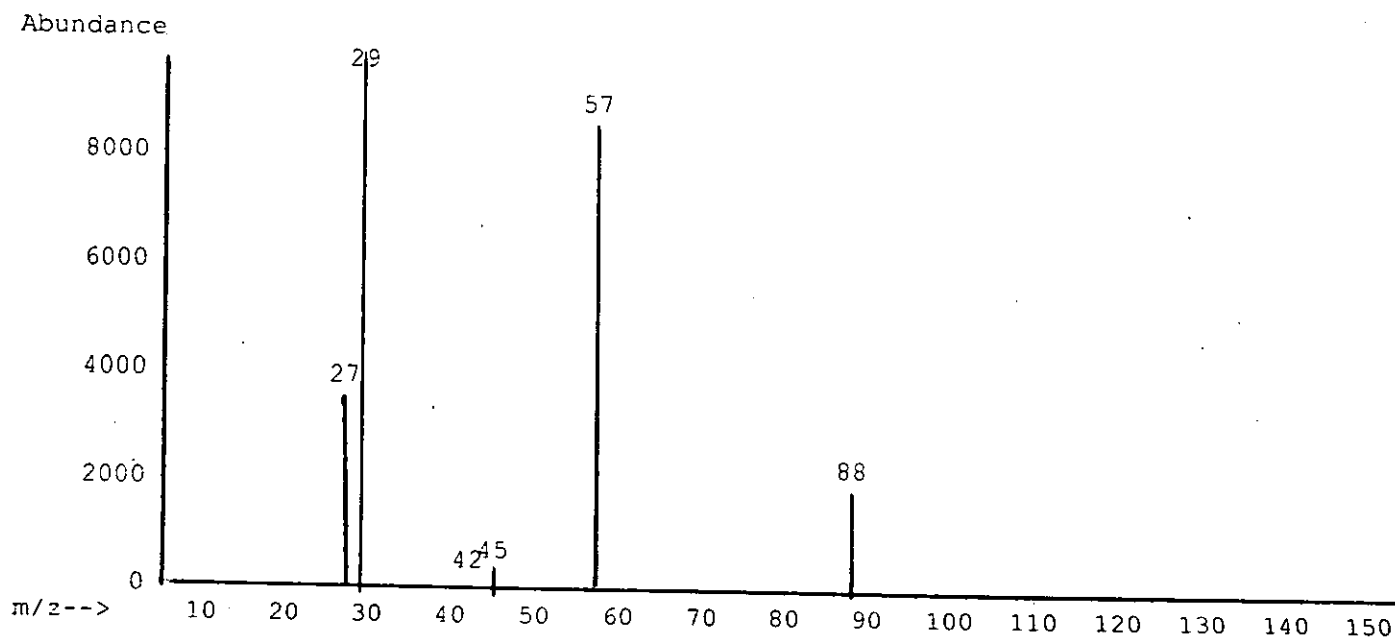
15: CH<sub>3</sub>27: CH<sub>2</sub>=CH29: CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>45: CH<sub>3</sub>C=O + 2H57: CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C=O73: CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C(=O)O88: CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOCH<sub>3</sub>

ESPECTRO DE MASAS

muestra



estándar



**Propionato de etilo**



Peso molecular: 102.14 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

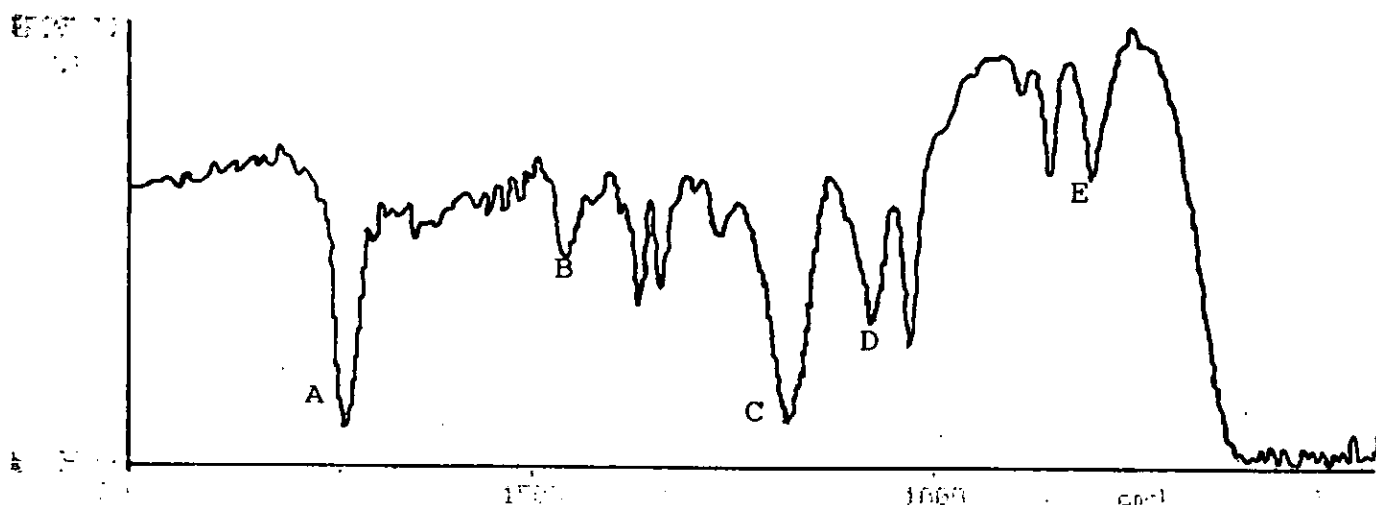
Punto de ebullición: 99-100°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 2.846 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra



**Bandas características del espectro de infrarrojo**

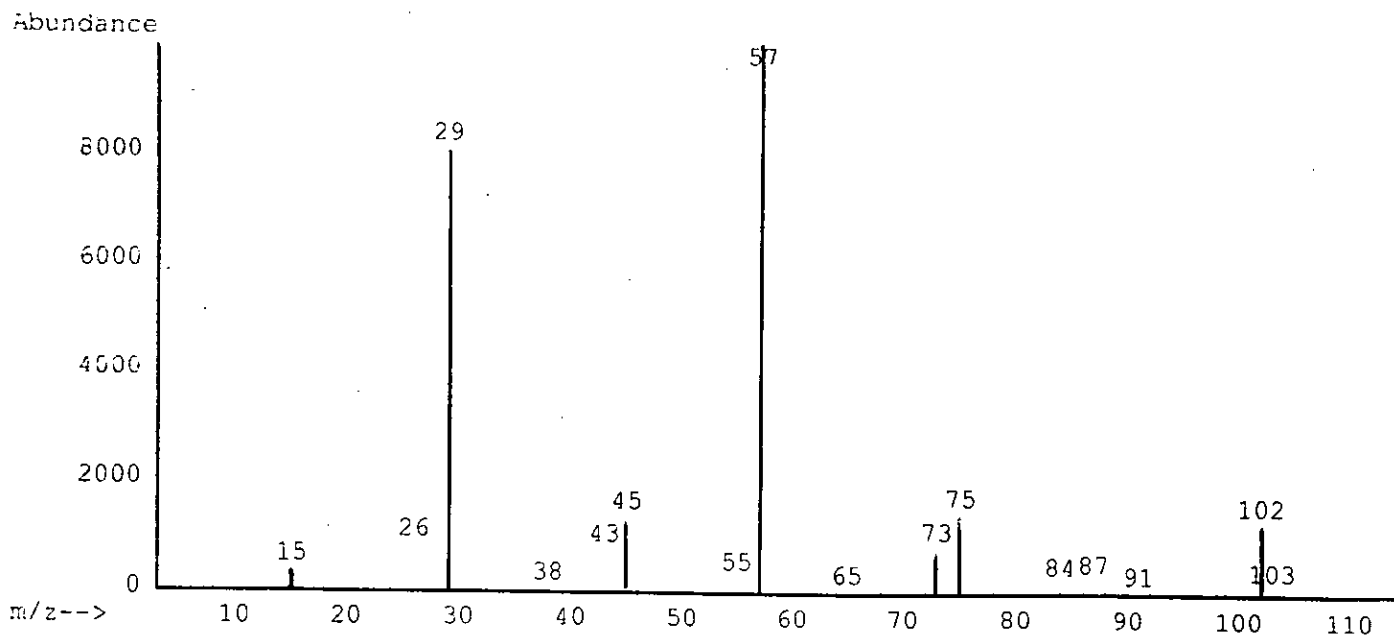
1770 $\text{cm}^{-1}$	A: C=O
1440 $\text{cm}^{-1}$	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1181 $\text{cm}^{-1}$	C: C-C(=O)-O
1090 $\text{cm}^{-1}$	D: C-C-O
772 $\text{cm}^{-1}$	E: -CH <sub>2</sub> -

**Picos característicos del espectro de masas**

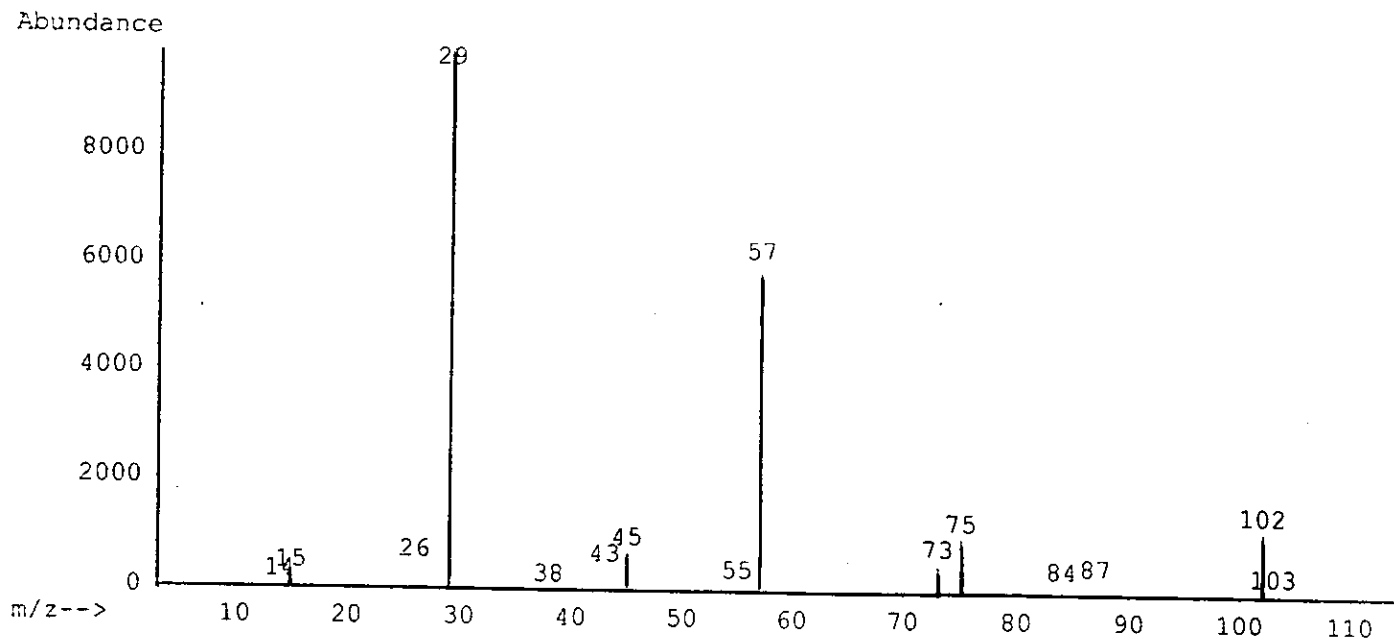
m/z:
15: CH <sub>3</sub>
29: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
45: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> O
57: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C=O
73: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O
75: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O + 2H
102: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

ESPECTRO DE MASAS

muestra



estándar



**Propionato de n-propilo**

Peso molecular: 116.16 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

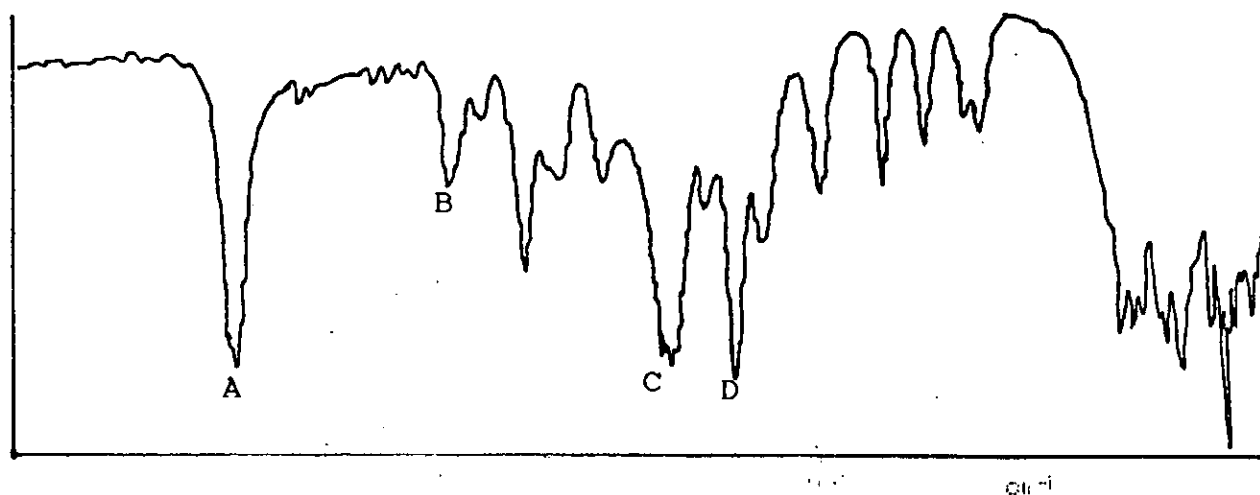
Punto de ebullición: 122-124°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 3.889 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1180 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1110 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O

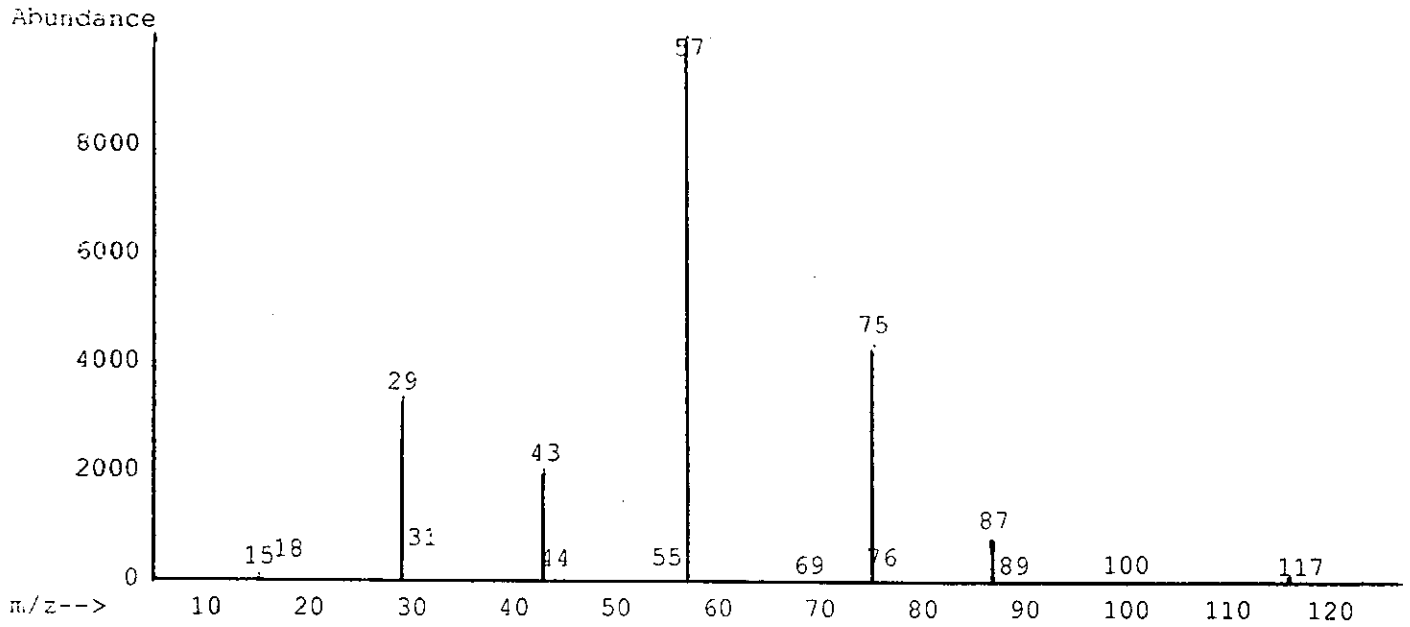
**Picos característicos del espectro de masas**

m/z:
15: CH <sub>3</sub>
29: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
43: CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
57: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C=O
75: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O + 2H
87: C(=O)OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
117: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

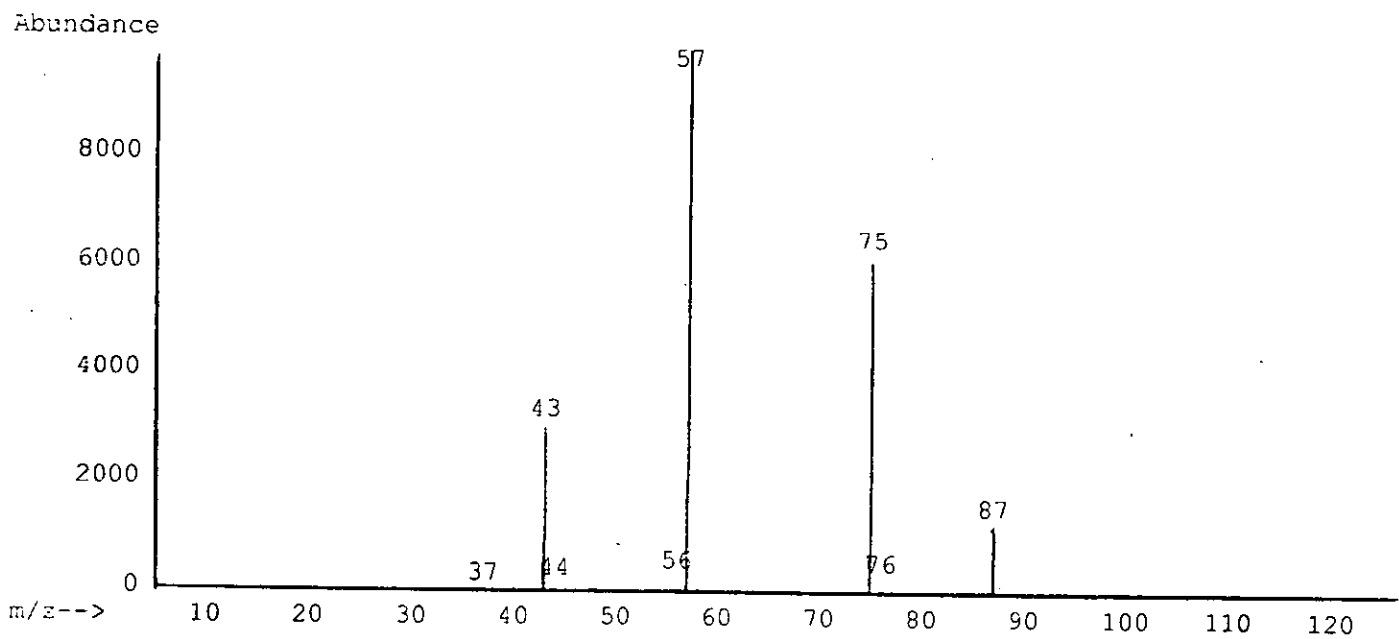


**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Propionato de isopropilo**

Peso molecular: 116.16 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

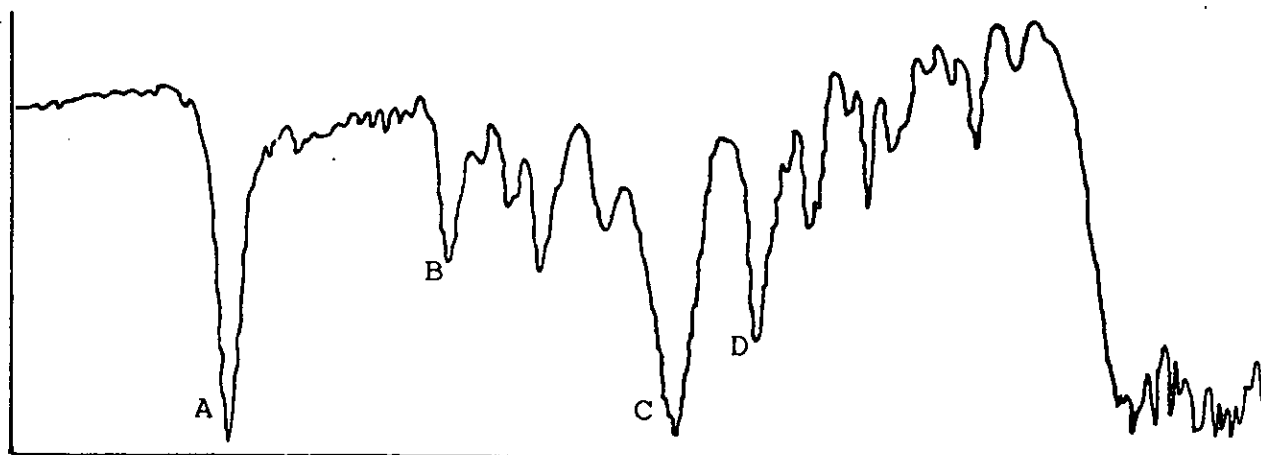
Punto de ebullición: 111-112°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 3.210 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

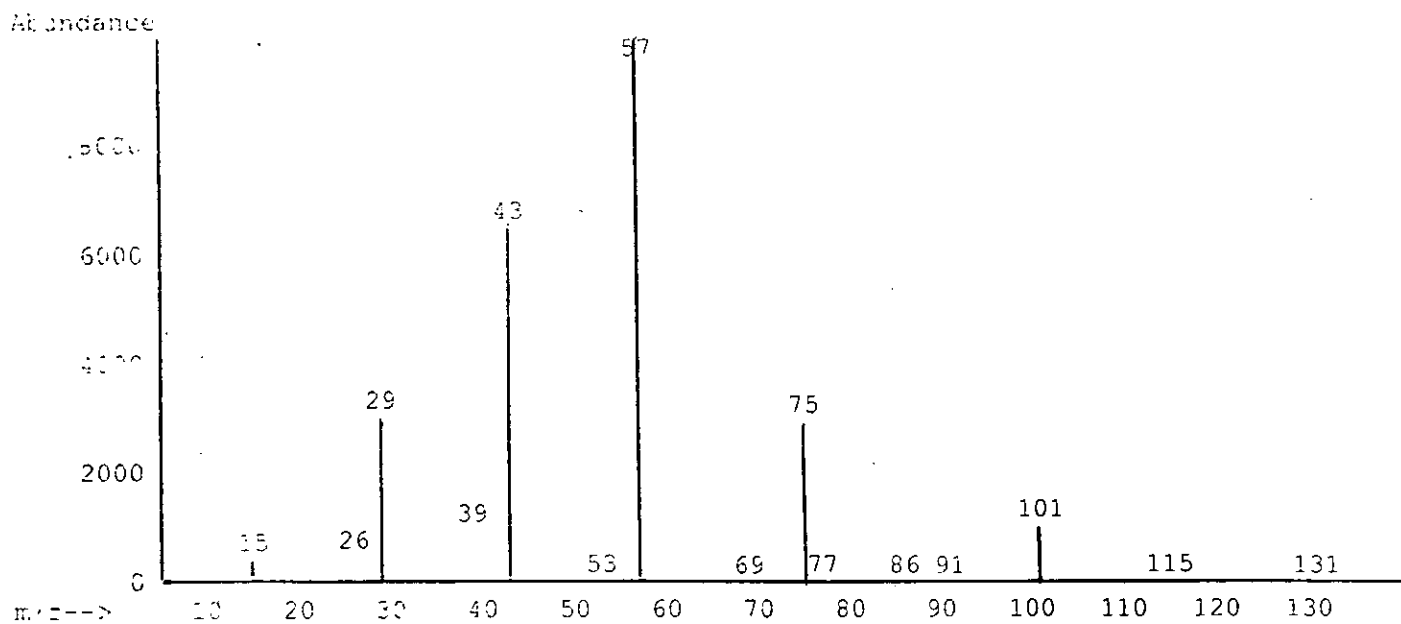
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1180 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1090 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O

**Picos característicos del espectro de masas**

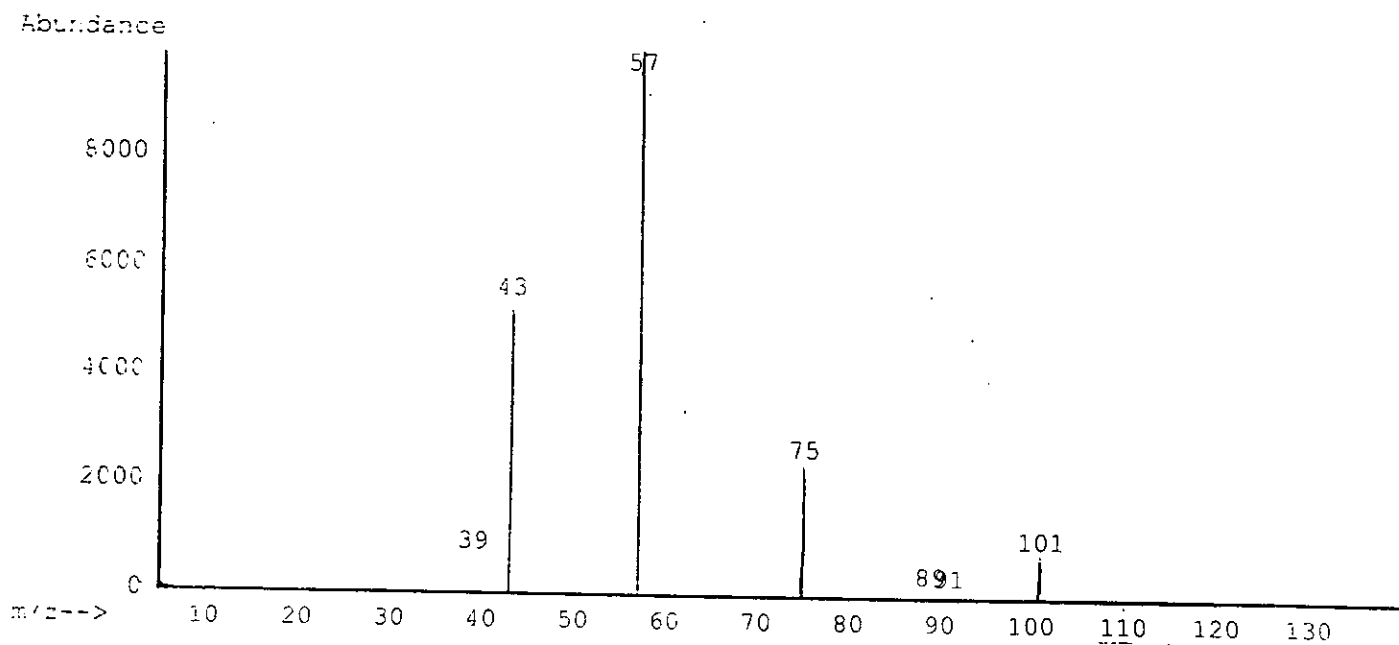
m/z:
15: CH <sub>3</sub>
29: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
43: CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
57: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C=O
75: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O + 2H
101: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Propionato de n-butilo**

Peso molecular: 130.19 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

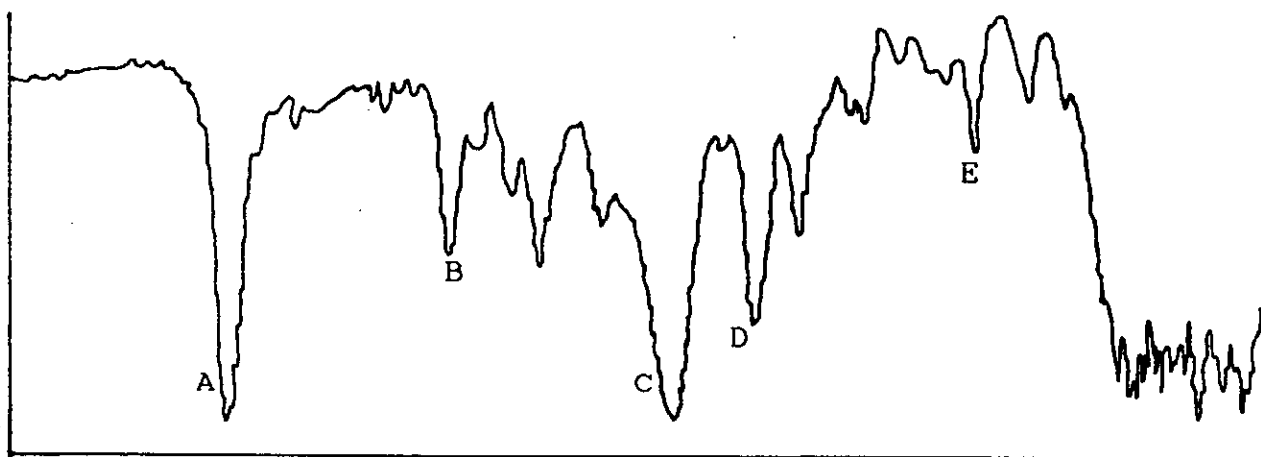
Punto de ebullición: 145-157°C

Aroma: etéreo

Tiempo de retención: 5.716 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

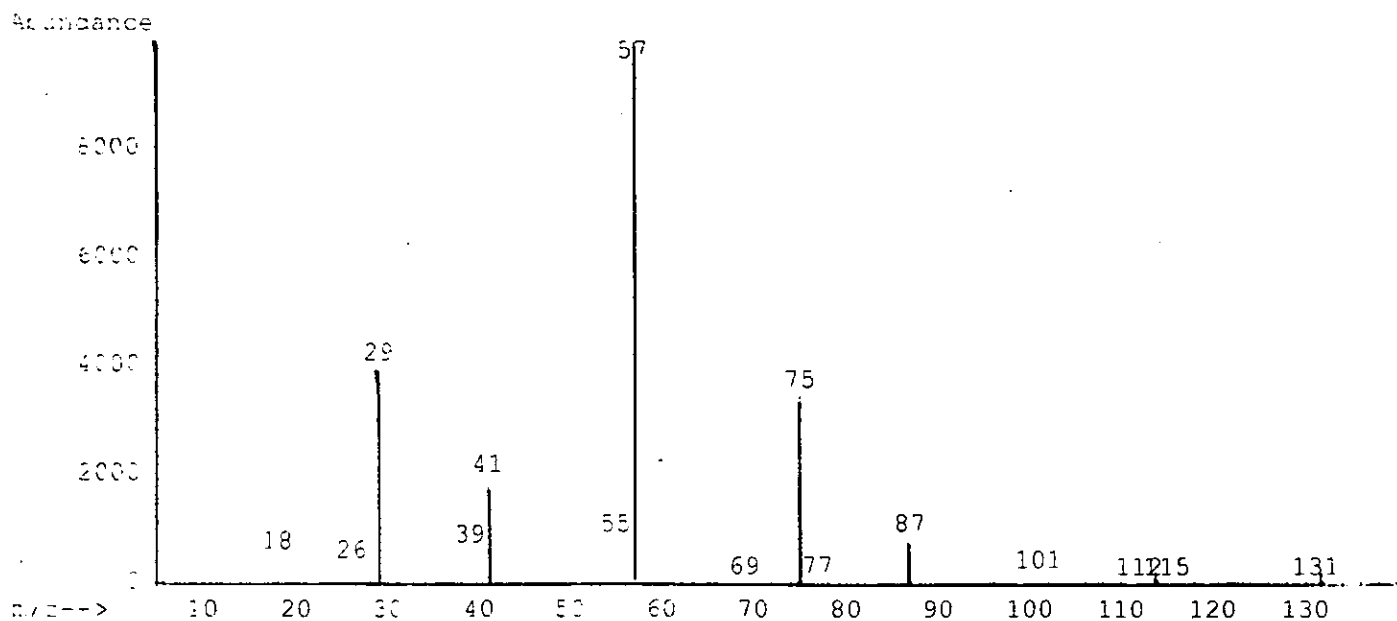
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1180 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1063 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O
790 cm <sup>-1</sup>	E: CH <sub>3</sub>

**Picos característicos del espectro de masas**

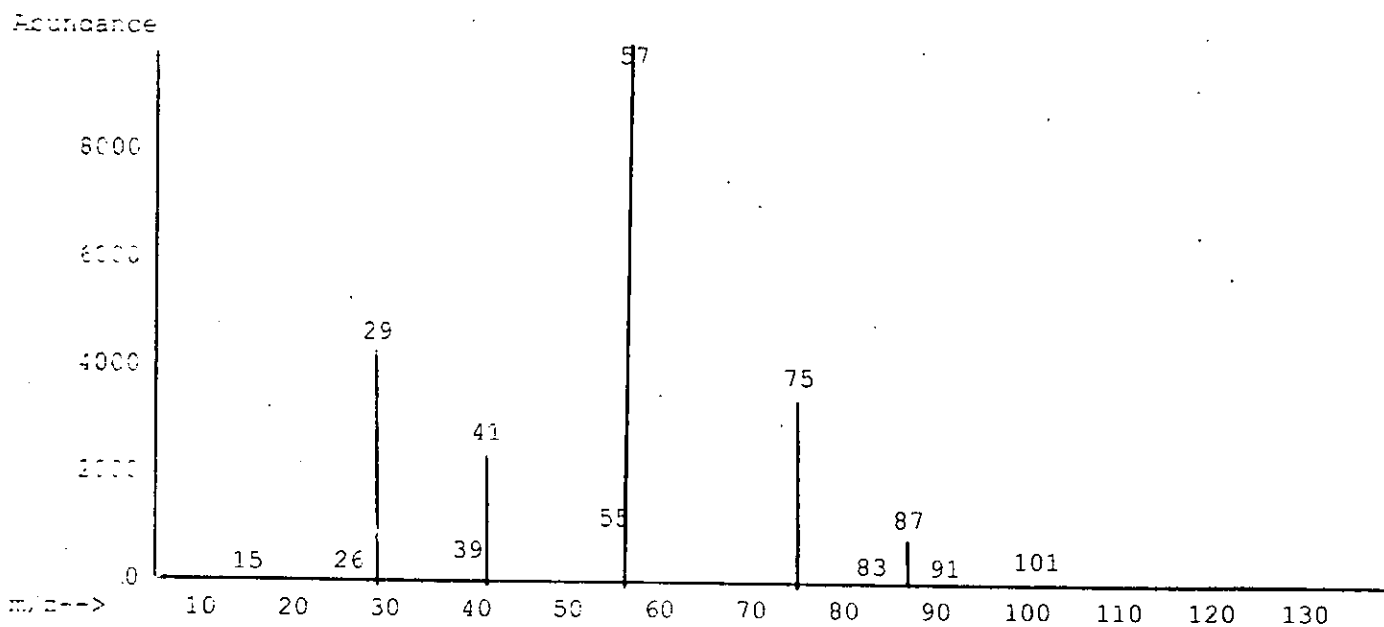
m/z:
29: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
41: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C
57: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C=O
75: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O + 2H
87: CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>
115: CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
131: CH <sub>2</sub> + CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> + 2H

### ESPECTRO DE MASAS

**muestra**



**estándar**



**Propionato de bencilo**

Peso molecular: 164.20 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

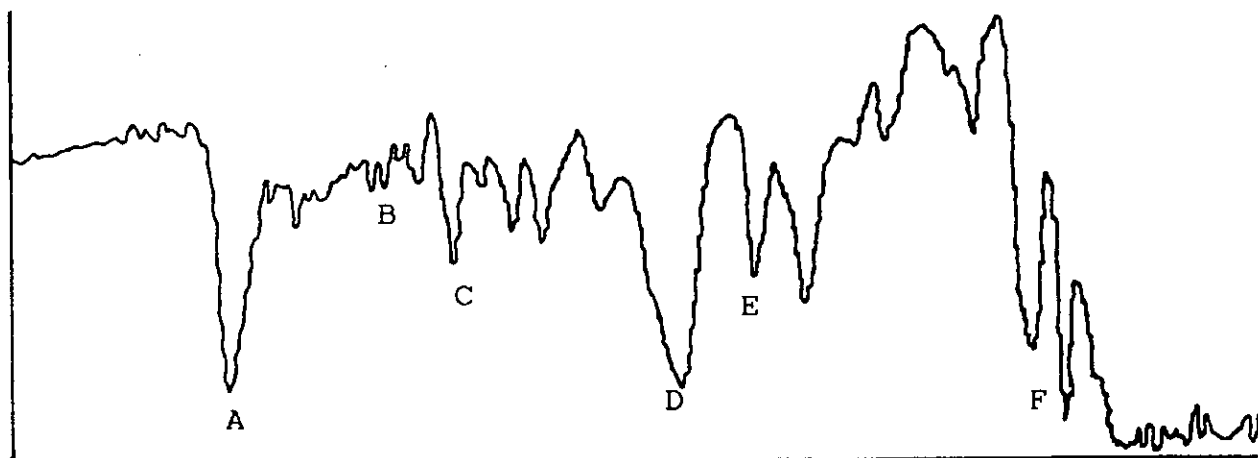
Punto de ebullición: 220-222°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 15.375min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1545 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1440 cm <sup>-1</sup>	C: BANDA DE COMPUESTO AROMÁTICO
1420 cm <sup>-1</sup>	D: C-C(=O)-O
1090 cm <sup>-1</sup>	E: C-C-O
690 cm <sup>-1</sup>	F: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -

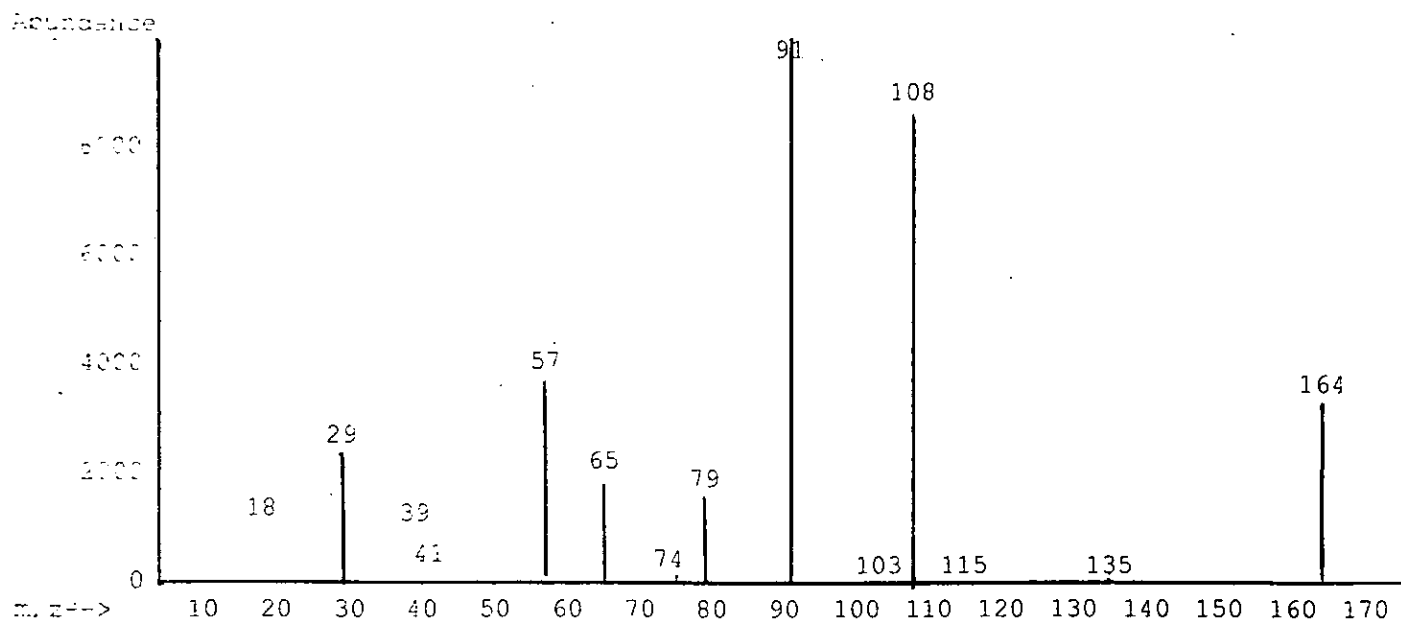
**Picos característicos del espectro de masas**

m/z:

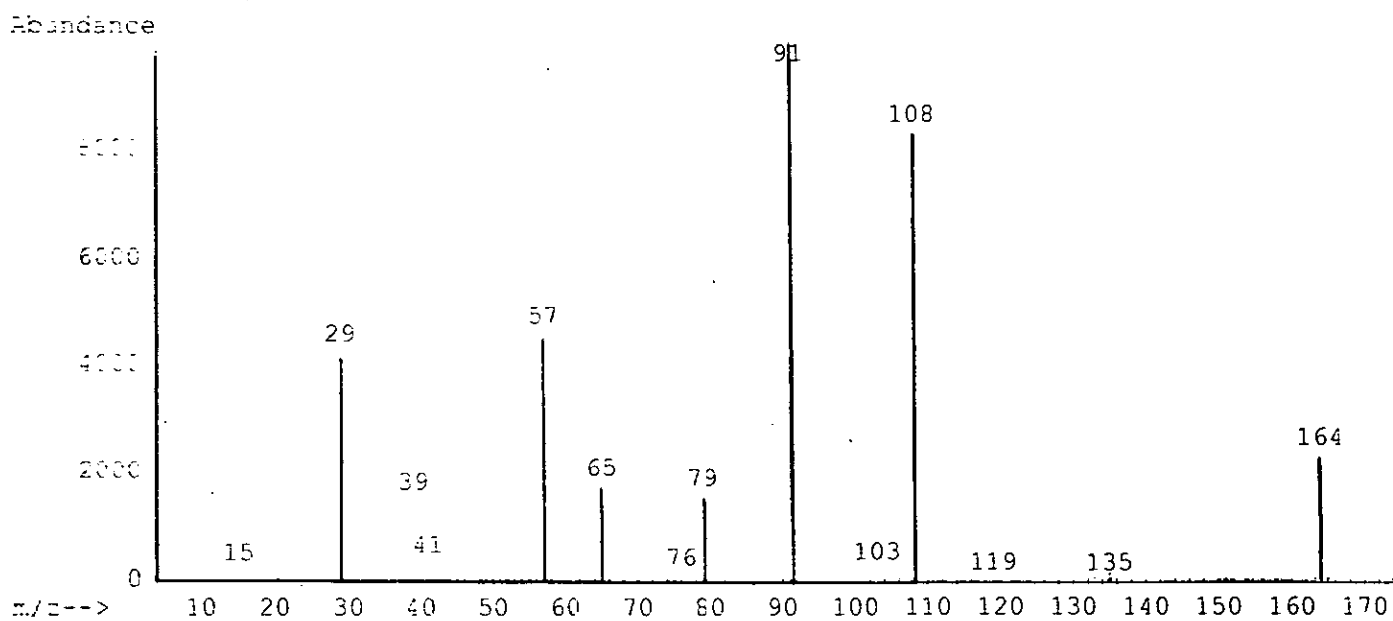
29:	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
57:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C=O
65:	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub>
79:	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> + 2H
91:	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub>
108:	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> O+ H
135:	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O
164:	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

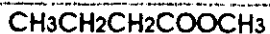
**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Butirato de metilo**

Peso molecular: 102.14 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

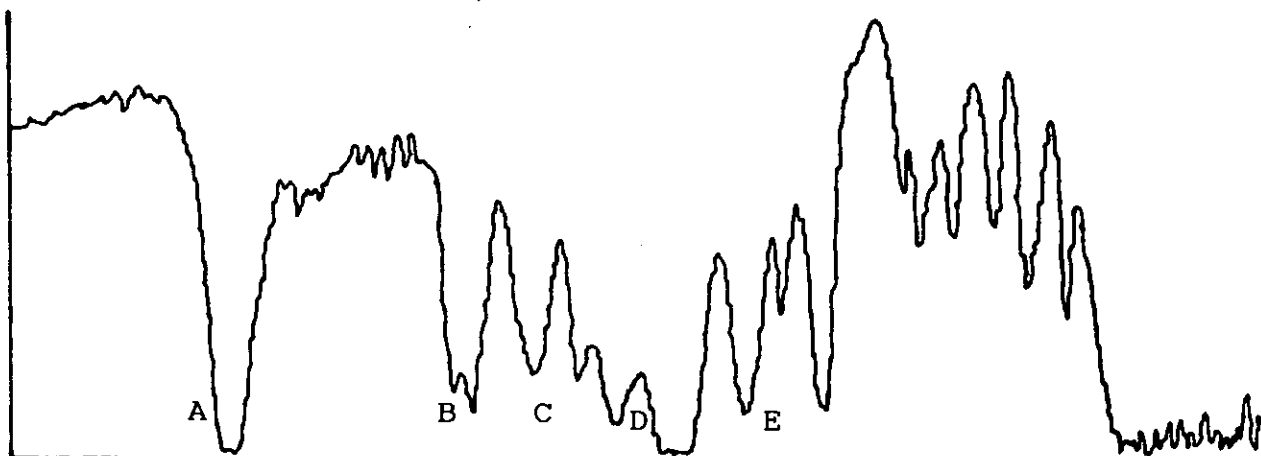
Punto de ebullición: 102-104°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 1.692 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1336 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1227 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O
1090 cm <sup>-1</sup>	E: -CH <sub>2</sub> -

**Picos característicos del espectro de masas**

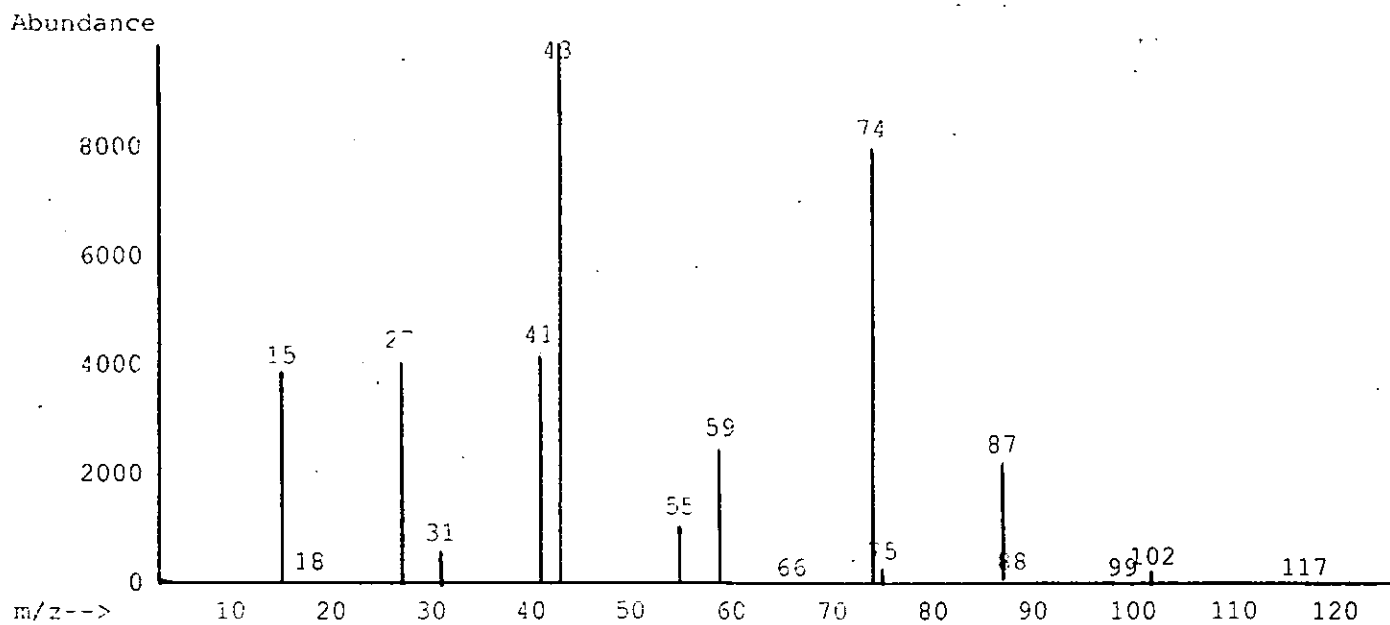
m/z:

15: CH <sub>3</sub>
27: CH <sub>2</sub> =CH
31: OCH <sub>3</sub>
41: CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>2</sub>
43: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
55: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C
59: C(=O)OCH <sub>3</sub>
74: CH <sub>2</sub> C(=O)OCH <sub>3</sub> + H
75: CH <sub>2</sub> C(=O)OCH <sub>3</sub> + 2H
87: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COO
102: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>

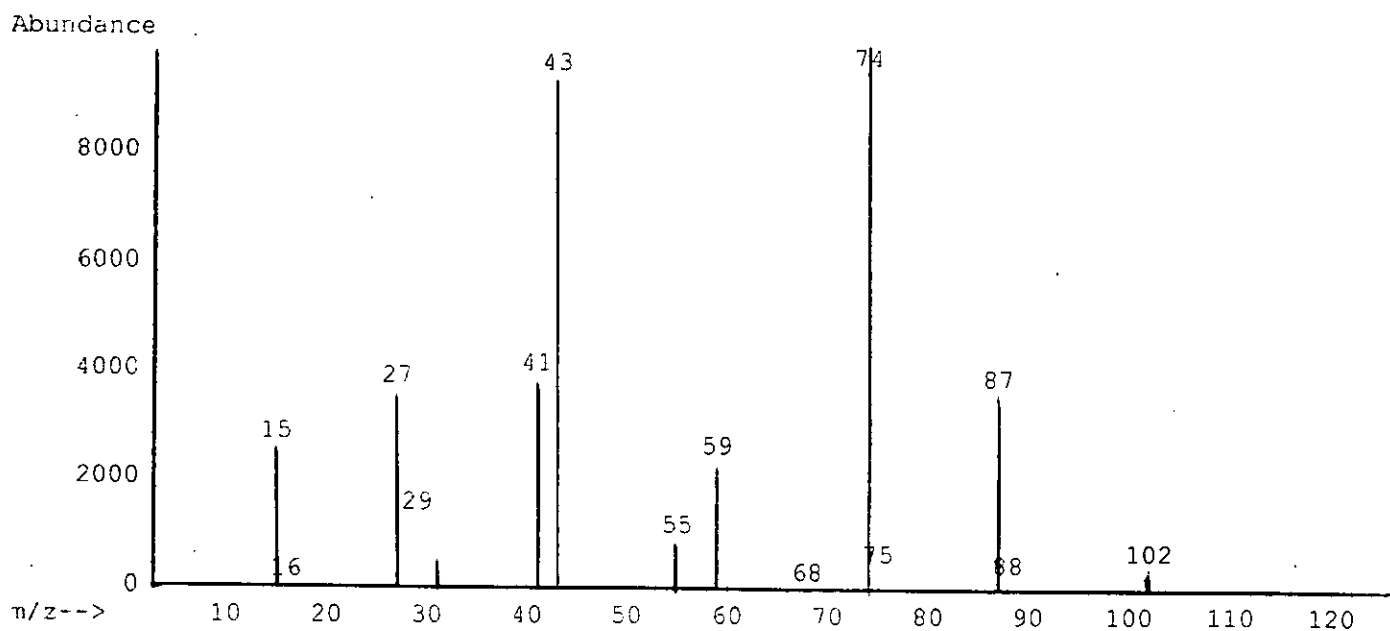


**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Butirato de etilo**

Peso molecular: 116.16 g/mol

Edo. físico: líquido Incoloro

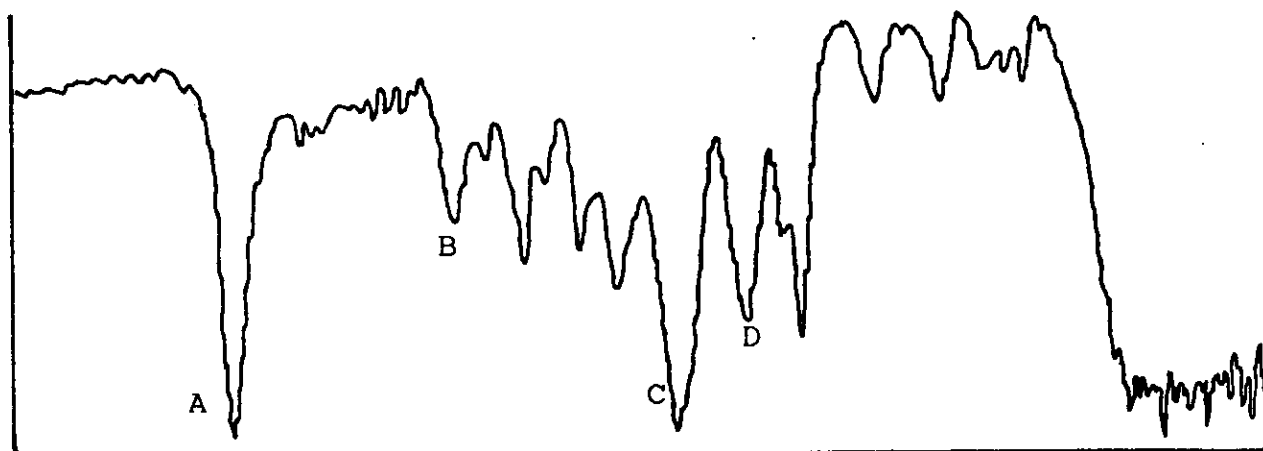
Punto de ebullición: 120-121°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 3.714 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

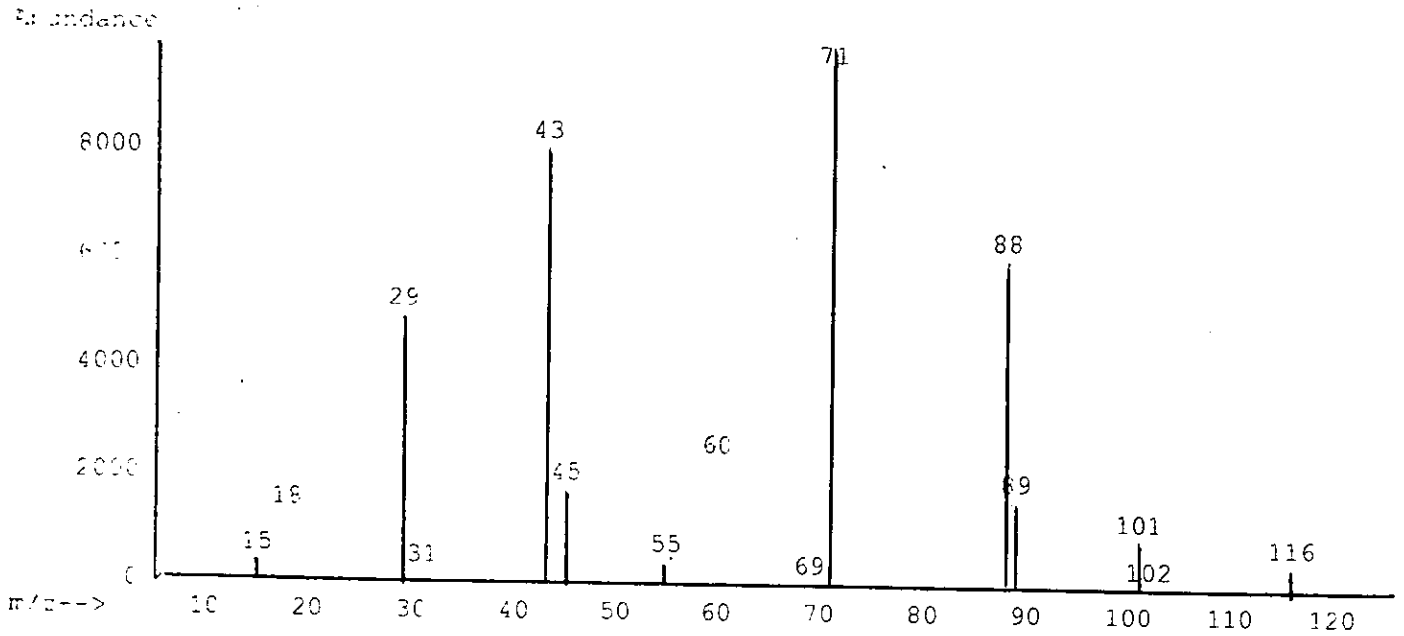
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1180 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1063 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O

**Picos característicos del espectro de masas**

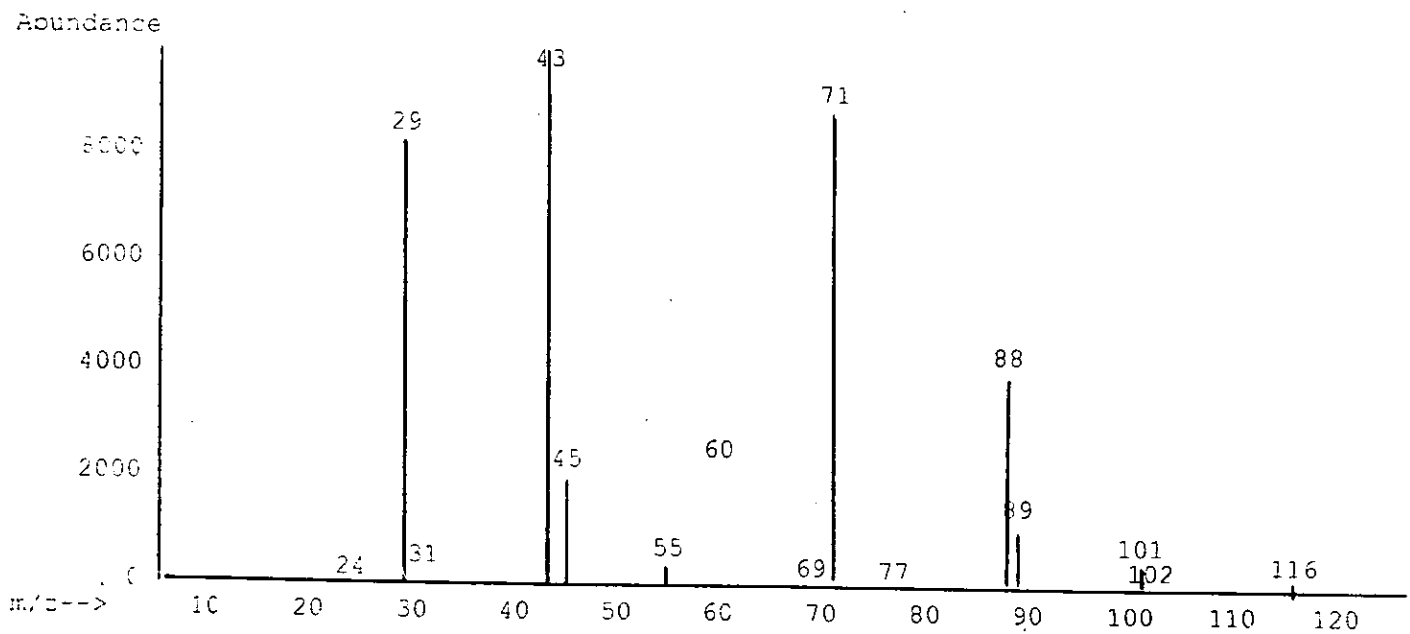
m/z:	
15:	CH <sub>3</sub>
29:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub>
43:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
45:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> O
55:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C
71:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C=O
88:	CH <sub>2</sub> C=OOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> + H
89:	CH <sub>2</sub> C=OOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> + 2H
101:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub>
116:	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Butirato de n-propilo**



Peso molecular: 130.19 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

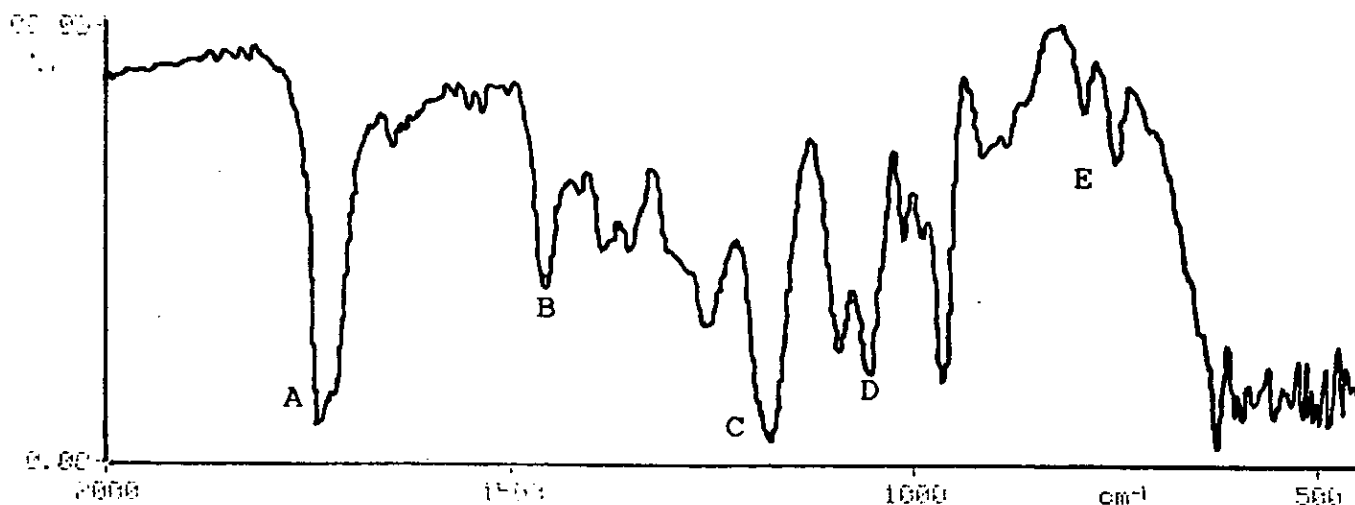
Punto de ebullición: 140-141°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 5.429 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra



**Bandas características del espectro de infrarrojo**

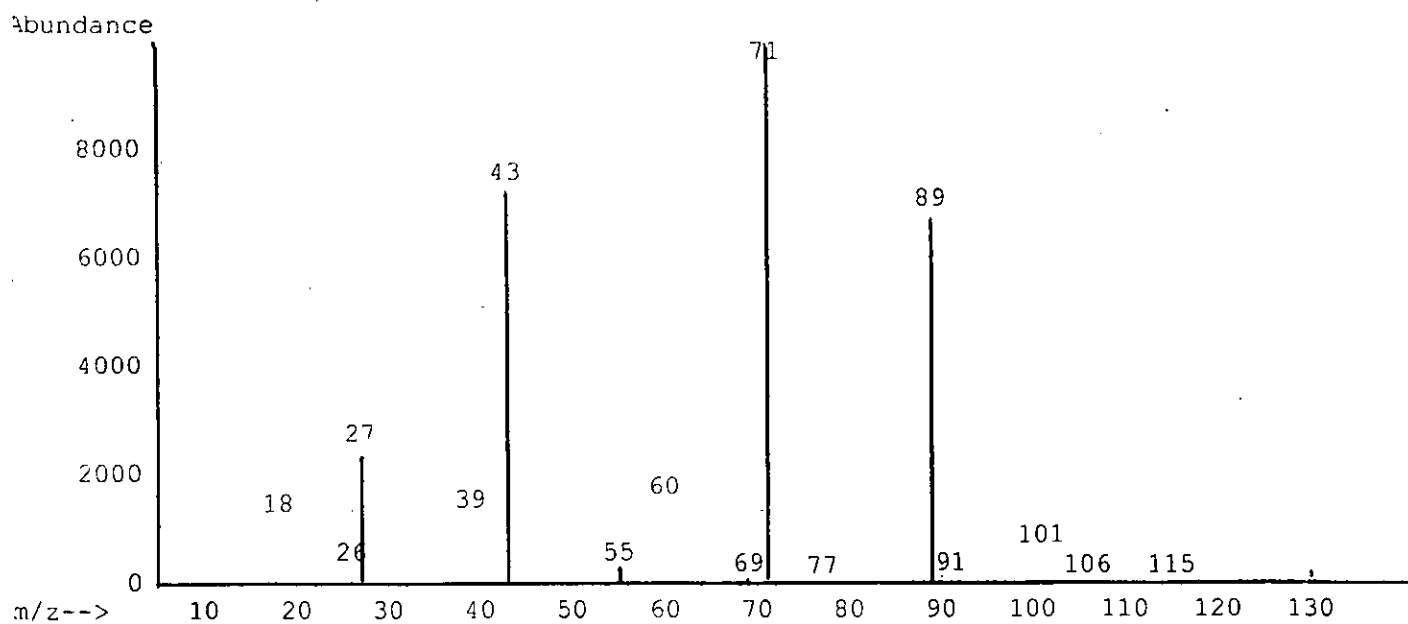
1770 $\text{cm}^{-1}$	A: C=O
1440 $\text{cm}^{-1}$	B: $-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})-\text{O}$
1180 $\text{cm}^{-1}$	C: C-C(=O)-O
1045 $\text{cm}^{-1}$	D: C-C-O
772 $\text{cm}^{-1}$	E: $-\text{CH}_2-$

**Picos característicos del espectro de masas**

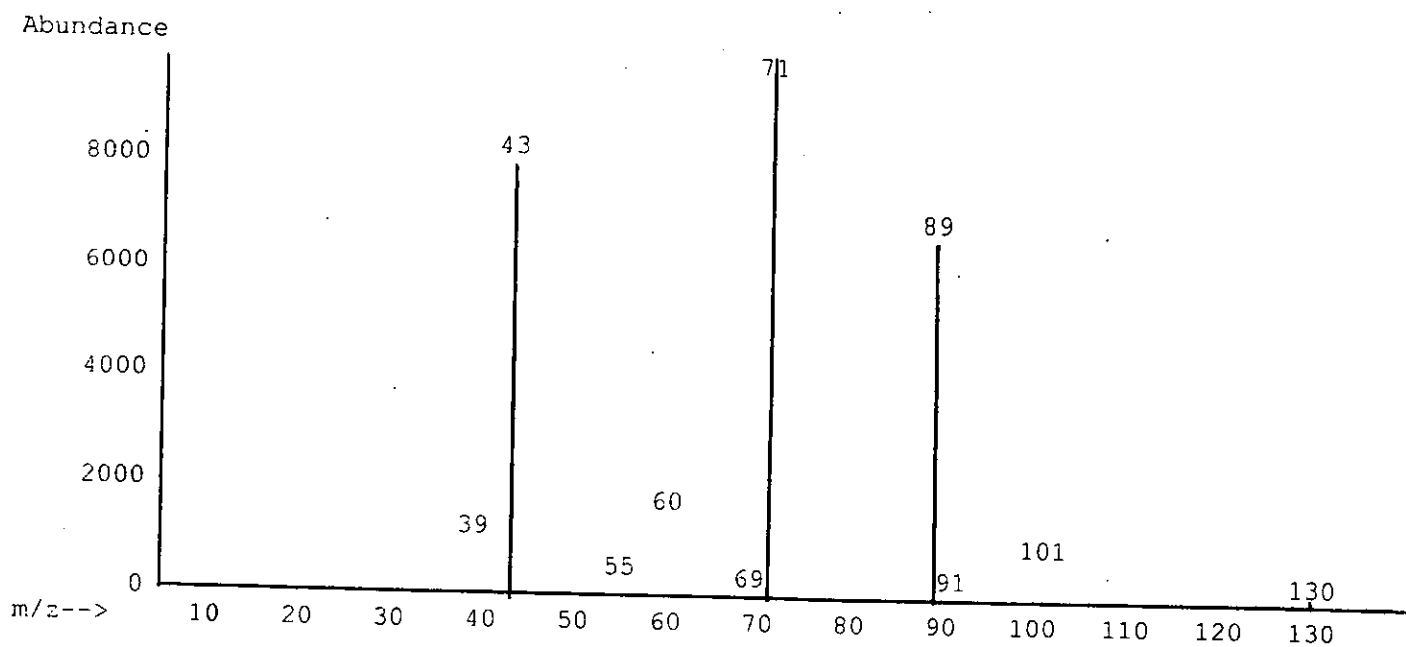
$m/z$ :
27: $\text{C}_2\text{H}_3$
43: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2$
55: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}$
69: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHC}=\text{O}$
71: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}=\text{O}$
89: $\text{CH}_2\text{C}=\text{OOCH}_2\text{CH}_3 + 2\text{H}$
130: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Butirato de isopropilo**

Peso molecular: 130.19 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

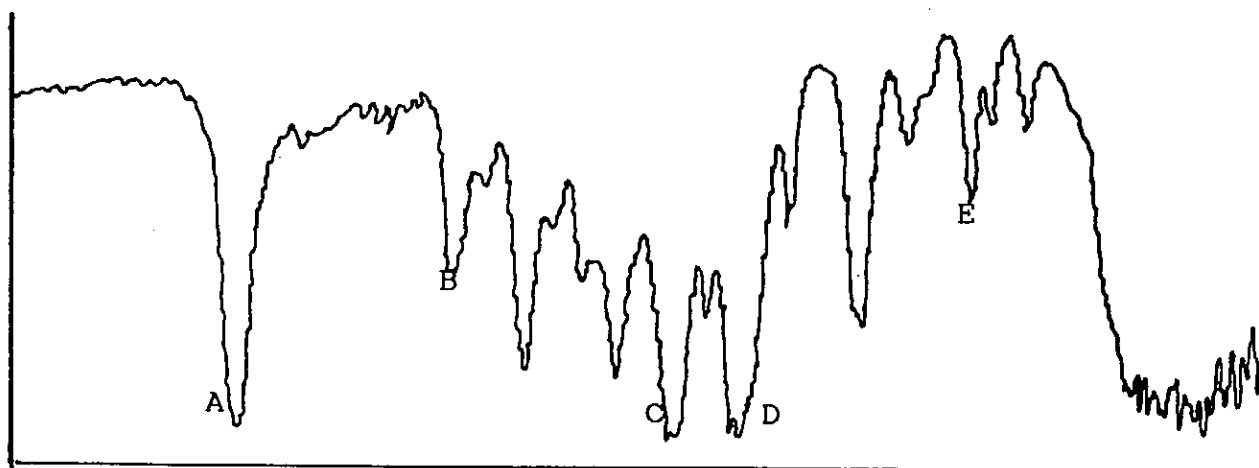
Punto de ebullición: 130-131°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 4.351 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra

**Bandas características del espectro de infrarrojo**

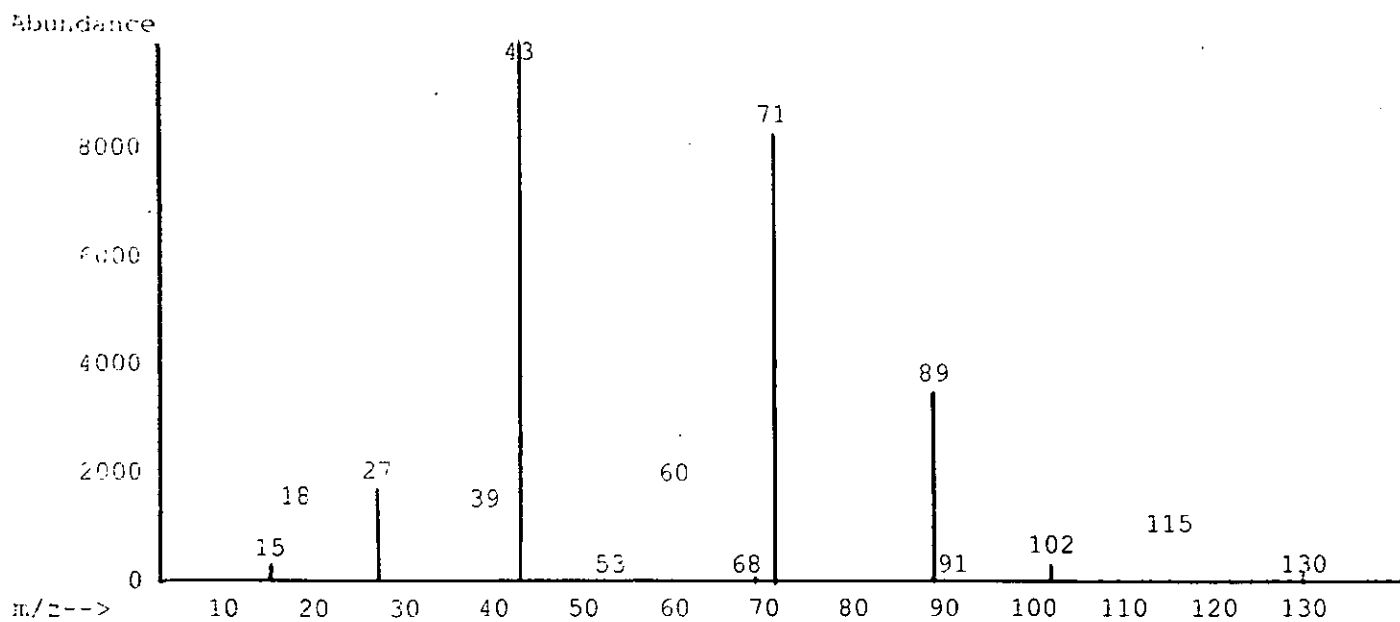
1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1400 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1180 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1063 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O
772 cm <sup>-1</sup>	E: -CH <sub>2</sub> -

**Picos característicos del espectro de masas**

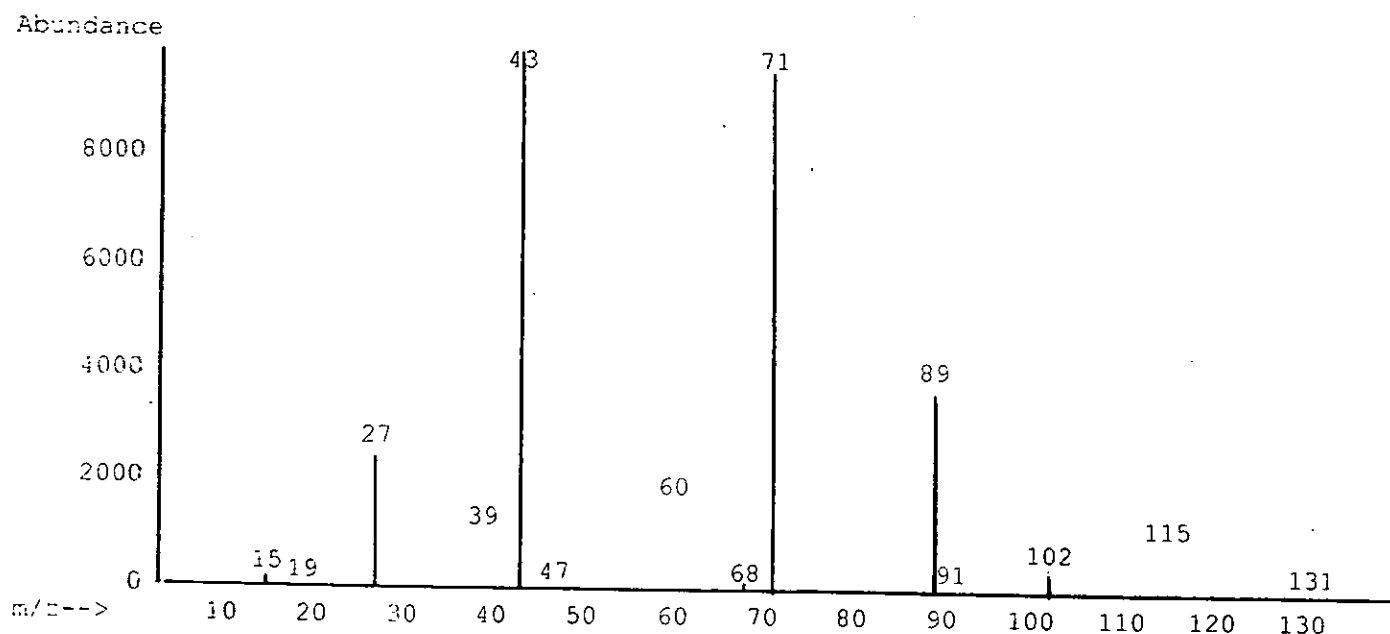
m/z:
15: CH <sub>3</sub>
27: C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>
43: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
68: CH <sub>2</sub> =C(CH <sub>3</sub> )CH=CH <sub>2</sub>
71: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C=O
89: COOCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>3</sub> + 2H
102: CH <sub>2</sub> COOCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>3</sub>
130: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH(CH <sub>3</sub> )CH <sub>3</sub>

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Butirato de n-butilo**



Peso molecular: 144.22 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

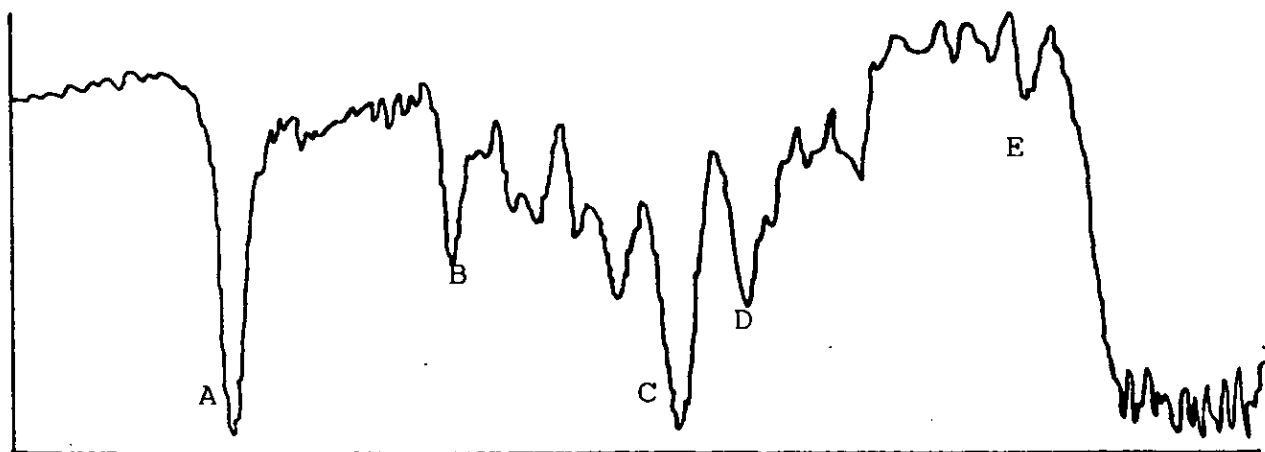
Punto de ebullición: 165-166°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 7.843 min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra



**Bandas características del espectro de infrarrojo**

1770 cm <sup>-1</sup>	A: C=O
1440 cm <sup>-1</sup>	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1136 cm <sup>-1</sup>	C: C-C(=O)-O
1063 cm <sup>-1</sup>	D: C-C-O
727 cm <sup>-1</sup>	E: -CH <sub>2</sub> -

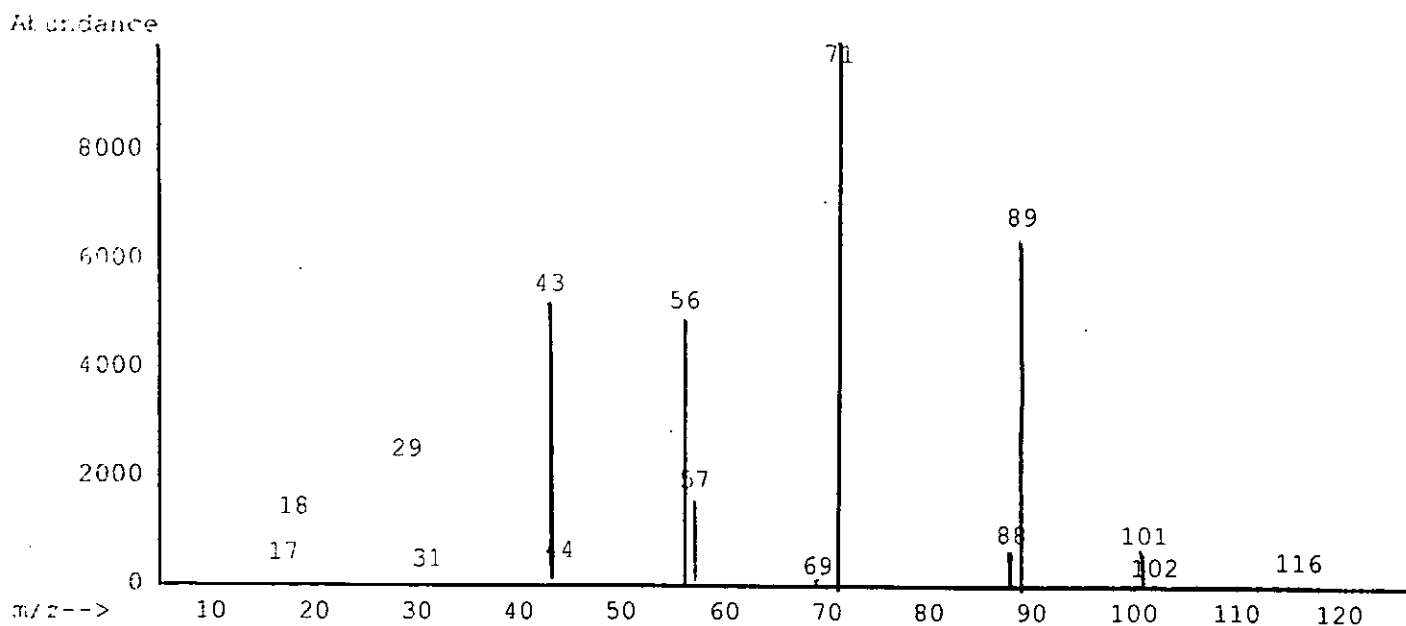
**Picos característicos del espectro de masas**

m/z:
43: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
56: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH
57: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
69: CH <sub>3</sub> CH=C=CO + H
71: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C=O
88: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COO + H
89: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COO + 2H
101: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub>

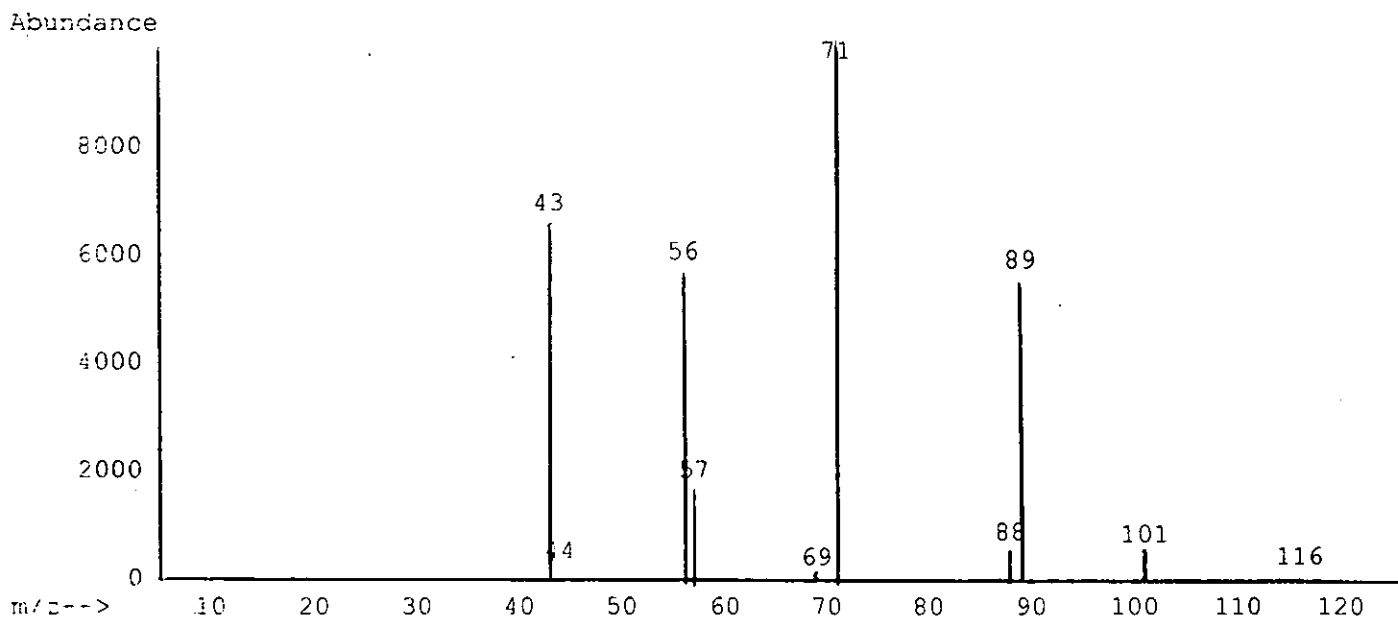


**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



**Butirato de bencilo**



Peso molecular: 178.23 g/mol

Edo. físico: líquido incoloro

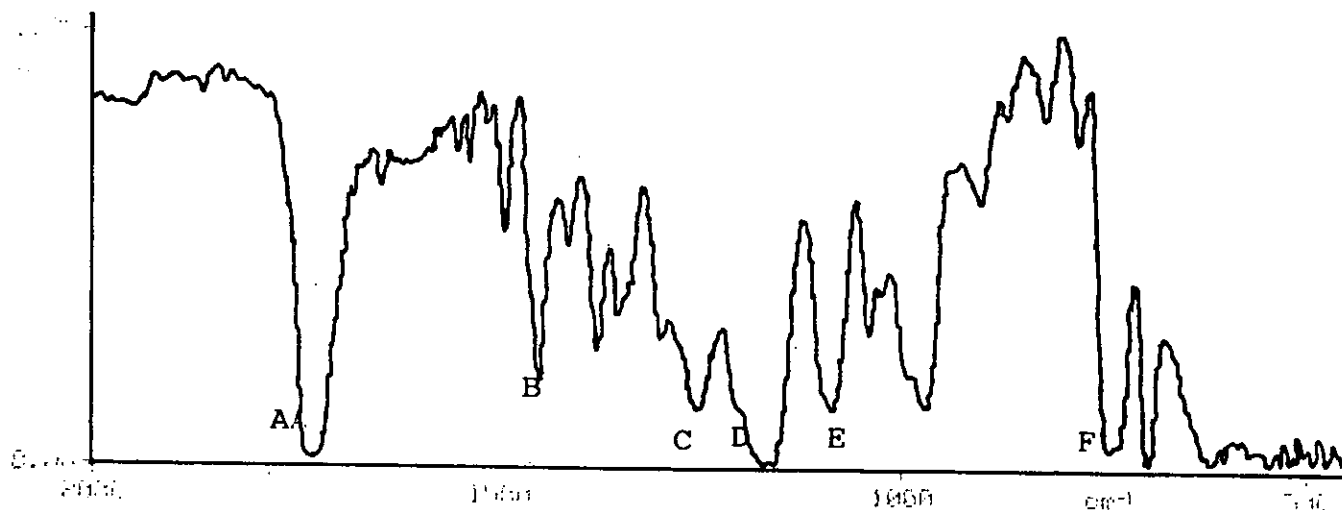
Punto de ebullición: 238-240°C

Aroma: frutal

Tiempo de retención: 17.748min

**ESPECTRO DE INFRARROJO**

muestra



**Bandas características del espectro de infrarrojo**

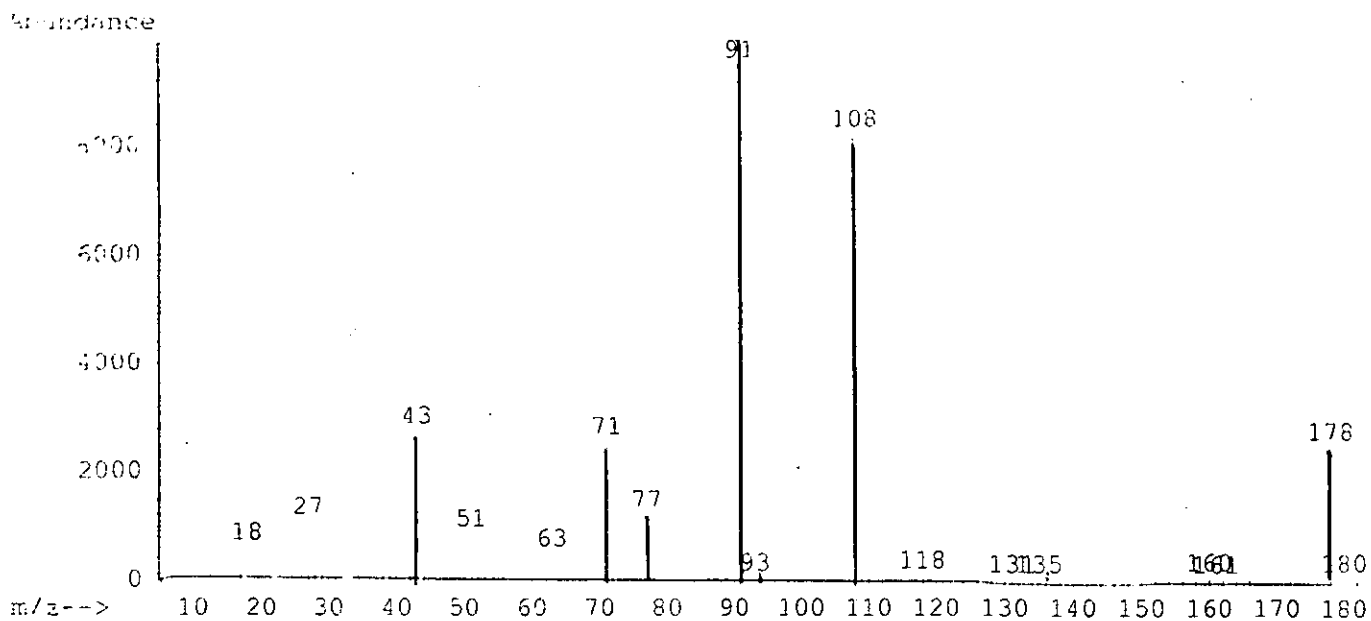
1770 $\text{cm}^{-1}$	A: C=O
1440 $\text{cm}^{-1}$	B: -CH <sub>2</sub> -C(=O)-O
1272 $\text{cm}^{-1}$	C: C-O
1180 $\text{cm}^{-1}$	D: C-C(=O)-O
1090 $\text{cm}^{-1}$	E: C-C-O
745 $\text{cm}^{-1}$	F: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -

**Picos característicos del espectro de masas**

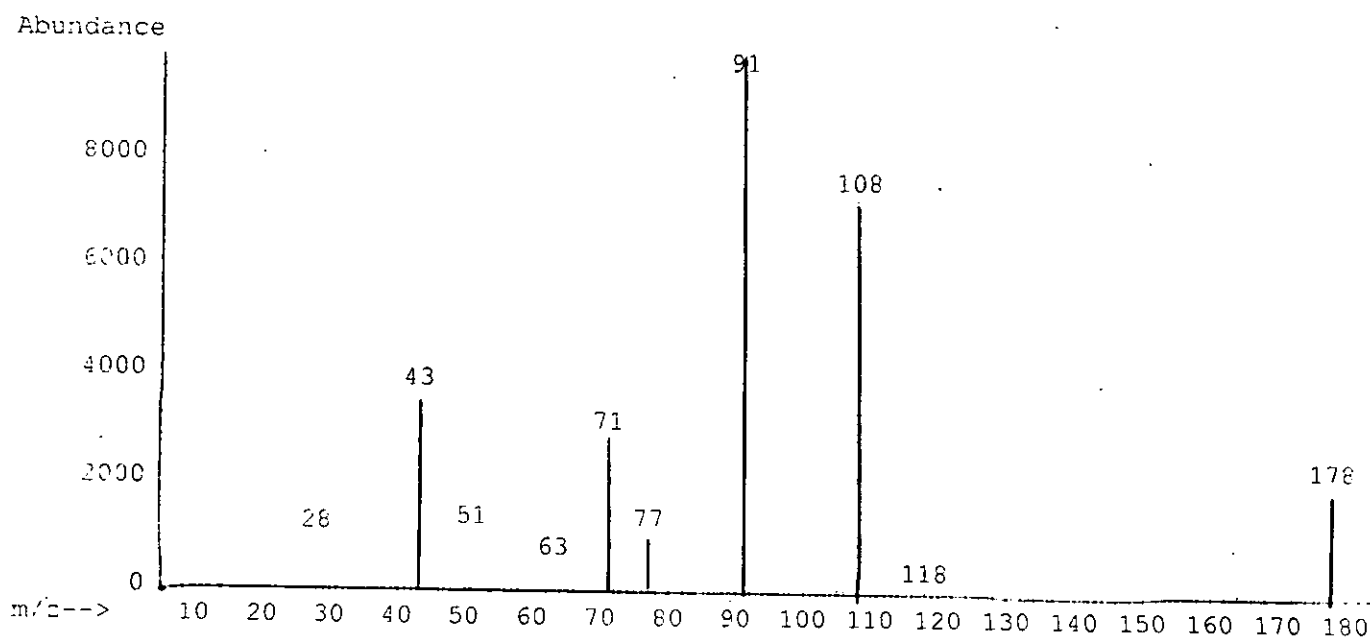
$m/z$ :
43: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>
71: CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CO
77: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -
91: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub>
93: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> + 2H
108: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> O + H
135: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> C(=O)O
178: C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

**ESPECTRO DE MASAS**

**muestra**



**estándar**



# SECCION XI

---

---

## Referencias bibliográficas

---

---

*“En la naturaleza, no hay castigos ni premios, sólo consecuencias”*

*Sabiduría China*

## XI.-Referencias bibliográficas

- 1.-Acree T, Teranishi R. Flavor Science. USA:ACS Professional Reference Book, 1993:1-5,158-165, 226-233.
- 2.-Bauer K, Garbe D. Common Fragrance and Flavor Materials. 2<sup>ed</sup>.Germany:VCH, 1990:14-18.
- 3.-Ramírez Q, Garibay M. Biotecnología Alimentaria. México:Limusa Noriega, 1993:453-461.
- 4.-Ashurst P. Food Flavourings. Great Britain:Blackie and Son Ltd, 1991:12,13,114-127, 155-157.
- 5.-Baldwin T, Rashed M, Scott A. Chemical Aspects of Enzyme Biotechnology. USA: Plenum Press, 1990:160-175.
- 6.-Wisman A. Manual de Biotecnología de las enzimas. España:Acribia, 1985:51-56, 64-96.
- 7.-Chaplin M, Bucke C. Enzyme Technology. Great Britain:Cambridge University Press, 1990:40-64.
- 8.-Neidleman S, Laskin A. Advances in Applied Microbiology. USA:Academis Press, 1995:vol.40:108-115.
- 9.-Molinari F, Marianelli G, Aragozzini F. Production of flavour esters by *Rhizopus oryzae*. Appl.Microbiol Biotechnol 1995;43:967-973.
- 10.-Klibanov A. Enzymes that work in organic solvents. ChemTech 1986;6:354-359.
- 11.-Zaks A, Klibanov A. The Effect of Water on Enzyme Action in organic Media. The Journal of Biological Chemistry 1988;263:8017-8021.
- 12.-Gupta M. Enzyme function in organic solvents. Eur.J.Biochem 1992;203:25-32.
- 13.-Zaks A, Klibanov A. Enzymatic Catalysis in Nonaqueous Solvents. The Journal of Biological Chemistry 1988;263:3194-3201.
- 14.-Garza G, Darszon A, Gomez T, Gomez A. Catalysis and Thermostability of Mitochondrial F1-ATPase in Toluene-Phospholipid-Low-Water System. Biochemistry 1989;28:3177-3182.
- 15.-Garza G, Darszon A, Gomez T, Gomez A. Enzyme Catalysis in Organic Solvents with Low Water Content at high Temperatures. Biochemistry 1990;29:751-757.
- 16.-Martinek K, Levashov A, Klyachko N, Khmel'nitski Y, Berezin Y. Micellar enzymology. Eur.J.Biochem 1986;155:453-468.
- 17.-Tsujita T, Brockman H. Regulation of Carboxylester Lipase Adsorption to Surfaces. Biochemistry 1987;26:8423-8429.
- 18.-Bernd G, Berger A, Berger R. Higher Fungi for Generating Aroma Components through Novel Biotechnologies. Agric.Food Chem 1994;42:2344-2348.
- 19.-Boutur O, Dubreucq E, Galzy P. Factors influencing ester synthesis catalysed in aqueous media by lipase from *Candida deformans*. Journal of Biotechnology 1995;42:23-33.
- 20.-Wang Y, Lalonde J, Monongon M, Bergbreiter D, Wong C.Lipase. Catalyzed Irreversible Transesterification Using Enol Esters as Acylating Reagents. J.Am.Chem.Soc 1988;110:7200-7205.
- 21.-Yamane T. Enzyme Technology for the lipids Industry. JAOCS 1987;64:1657-1662.
- 22.-Takahashi K, Saito Y, Inada Y. Lipase Made Active in Hydrofobic Media. JAOCS 1988;65:911-916.
- 23.-Momsen E, Tsujita T, Brockman L. The Biology, Biochemistry and Technology of Lipases. JAOCS 1988;65:891-896.
- 24.-Jachmanian Y, Schulte K, Mukherjee D. Substrate selectivity in esterification of less common fatty acids catalysed by lipases from different sources. Appl.Microbiol.Biotechnol 1996;44:563-567.
- 25.-Perraud R, Laboret F. Optimization of methylpropionate production catalysed by *Mucor miehei* lipase. Appl Microbiol Biotechnol 1995;44:321-326.
- 26.-Legier V, Coneau L. Continuous synthesis of esters by cell-bound fungal lipases in an organic solvent. Appl Microbiol Biotechnol 1992;37:732-736.
- 27.-Valivety R, Johnston G, Suckling C, Halling P. Solvent Effects on Biocatalysis in Organic Systems. Biotechnology and Bioengineering 1991;38:1137-1143.
- 28.-Klavons J, Bennett R. Preparation of Alkyl Esters of Pectin and Pectic Acid. Journal of Food Science 1995;60:513-515.
- 29.-Cho S, Shick J. Immobilization of Lipase for Effective Interesterification of Fats and Oils in Organic Solvents. Biotechnology and Bioengineering 1993;41:204-210.
- 30.-Tsai S, Wei H. Effect of Solvent on Enantioselective Esterification of Naproxen by Lipase with Trimethylsilyl Methanol. Biotechnology and Bioengineering 1994;43:64-68.

- 31.-Ghatorae A, Bell G, Halling P. Inactivation of Enzymes by Organic Solvents. *Biotechnology and Bioengineering* 1994;43:331-336.
- 32.-Ergam F, Trani M, Andre G. Production of Glycerides from Glycerol and Fatty Acid by Immobilized Lipase in Non-aqueous Media. *Biotechnology and Bioengineering* 1990;35:195-200.
- 33.-Wisdom R, Dunnill P, Lilly M. Enzymatic Interesterification of Fats: Laboratory and Pilot-Scale Studies with Immobilized Lipase from *Rhizopus arrhizus*. *Biotechnology and Bioengineering* 1987;29:1081-1085.
- 34.-Kyotani S, Fukuda H, Morikawa H, Yamane T. Kinetic Studies on the Interesterification of Oils and Fats Using Dried Cells of fungus. *J.Ferm.Technol* 1988;66:71-83.
- 35.-Ishii T, Mori T, Chen J, Itoh Y, Shimura S. Ester Synthesis by a Crude Lipase of *Rhizopus oligosporus* in an Aqueous System. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 1990;70:188,189.
- 36.-Kyotani S, Fukuda H, Nojima Y, Yamane T. Interesterification of Fats and Oils by Immobilized Fungus at Constant Water Concentrations. *J.Ferment Technol* 1988;66:567-575.
- 37.-Shindo S, Murakami J, Koshino S. Control of Acetate Ester Formation during Alcohol Fermentation with Immobilized Yeast. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 1992;73:370-374.
- 38.-Kyotani S, Nakashima T, Izumoto E, Fukuda H. Continuous Interesterification of Oils and Fats Using Dried Fungus Immobilized in Biomass Support Particles. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 1991;71:286-288.
- 39.-Higuchi T, Aoki T, Uchida K. Esterase Activity in Soy Sauce Moromi as a Factor Hydrolyzing Flavor Esters. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 1991;71:163-167.
- 40.-Goderis H, Ampe G, Feyten P, Fouwe B. Lipase-Catalyzed Ester Exchange Reactions in Organic Media with Control Humidity. *Biotechnology and Bioengineering* 1987;30:258-266.
- 41.-Osterberg E, Blomstrom A, Holmberg K. Lipase Catalyzed Transesterification of Unsaturated Lipids in a Microemulsion. *JAOCS* 1989;66:1330-1333.
- 42.-Seino H, Uchibori T, Nishitani T, Inamasu S. Enzymatic Synthesis of Carbohydrate Esters of Fatty Acid. *JAOCS* 1984;61:1761-1765.
- 43.-Martinek K, Levashov A, Klyachko N, Berean Y. Colloidal Solution of Water in Organic Solvents: A Microheterogeneous Medium for enzymatic Reactions. *Science* 1982;218:889,890.
- 44.-Martins J, Correa T, Borges Y, Barreiras S. Lipase Catalyzed Esterification of Glycidol in Nonaqueous Solvents. *Biotechnology and Bioengineering* 1994;44:119-124.
- 45.-Monot F, Paccard E, Barzeix F, Bardin M, Vandecasteele J. Effect of lipase conditioning on its activity in organic media. *Appl Microbiol Biotechnol* 1993;39:483-486.
- 46.-Gorman S, Dordick S. Organic Solvents Strip Water off Enzymes. *Biotechnology and Bioengineering* 1992;39:392-397.
- 47.-Ryuk K, Dordick S. Free Energy of Substrate and Solvent Hydrophobicities with Enzymatic Catalysis in Organic Media. *J.Am.Chem.Soc* 1989;111:8026-8027.
- 48.-Parida S, Dordick S. Substrate Structure and Solvent Hydrophobicities and Enantioselectivity in Organic Media. *J.Am.Chem.Soc* 1991;113:2253-2259.
- 49.-Valivety R, Grant A, Suckling J. Solvent Effects on Biocatalysis in Organic Systems. *Biotechnology and Bioengineering* 1991;38:1137-1143.
- 50.-Macrae A. Lipase-Catalyzed Interesterification of Oils and Fats. *JAOCS* 1983;60:291-294.
- 51.-Rahmatullah S, Shulka V, Mukherjee K. Linolenic Acid Concentrates from Borage and Evening Primrose Oil Fatty Acids via Lipase-Catalyzed Esterification. *JAOCS* 1994;71:563-567.
- 52.-Zaks A, Klibanov A. Enzymatic Catalysis in Organic Media at 100°C. *Science* 1984;224:1249-1251.
- 53.-Yee L, Akoh C, Phiññips S. *Pseudomonas* sp. Lipase. Catalyzed Synthesis of Geranyl Esters by Transesterification. *JAOCS* 1995;72:1407-1408.
- 54.-Hills M, Kiewitt Y, Mukherjee K. Enzymatic Fractionation of Fatty Acids. Enrichment of Linoleic Acid by Selective Esterification Catalyzed by Lipases. *JAOCS* 1990;67:561-564.
- 55.-Austin H, Posorte L, Gonzalez J. Characteristics of an Immobilized Lipase for the Commercial Synthesis of Esters. *JAOCS* 1988;65:927-931.
- 56.-Shieh C, Akoh C, Yee L. Optimized Enzymatic Synthesis of Geranyl Butyrate with Lipase AY from *Candida rugosa*. *Biotechnology and Bioengineering* 1996;51:371-374.

- 57.-Laane C, Boeren S, Vos K, Veeger C. Rules for Optimization of Biocatalysis in Organic Solvent. *Biotechnology and Bioengineering* 1987;30:81-87.
- 58.-Carta G, Gamer J, Benton A. Enzymatic Synthesis of Esters Using an Immobilized Lipase. *Biotechnology and Bioengineering* 1991;37:1004-1009.
- 59.-Halling P. Solvent Selection for Biocatalysis in Mainly Organic Systems. *Biotechnology and Bioengineering* 1990;35:691-701.
- 60.-Yamane T, Kojima Y, Ichiru T, Magata M. Intramolecular Esterification by Lipase Powder in Microaqueous Benzene. *Biotechnology and Bioengineering* 1989;34:838-843.
- 61.-Fassatiouva O. Moulds and Filamentous fungi in technical microbiology. *Czechoslovakia:Progress in Industrial Microbiology*, 1986:vol 22:9-32.
- 62.-Alexopoulos C. Introducción a la Micología. Barcelona:Omega,1985:307-309,330.
- 63.-Doyle M. *Experimental Organic Chemistry*. USA:John Wiley & Sons,1980:287-290.
- 64.-Stanley R. *Source of Advanced Organic Laboratory Preparations*. USA:Academic Press, 1992:83-91.
- 65.-Kenneth L. *Macroscale and Microscale Organic Experiments*. USA:D.C. Heath and Company ,1989:302-310.
- 66.-Welsh F, Williams R. Lipase Mediated Production of Flavor and Fragrance Esters form Fusel Oil. *Journal of Food Science* 1989;54:1565-1568.
- 67.-Welsh F, Williams R, Dawson K. Lipase Mediated Synthesis of Low Molecular Weight Flavor Esters. *Journal of Food Science* 1990;55:1679-1682.
- 68.-Chen C. Gas Chromatographic Analysis of Beer Flavor Compounds. *Brewers Digest* 1985;402:30-32.
- 69.-Seo C, Yamada Y, Okada H. Synthesis of Fatty Acid Esters by *Corynebacterium* sp. *Agric.Biol.Chem* 1982;46:405-409.
- 70.-Rouxhet P. New Ways of Enzyme Utilization. *Brewers Digest* 1986;103:40-48.
- 71.-Russell A, Klibanov A. Inhibitor-induced Enzyme Activation in Organic Solvents. *The Journal of Biological Chemistry* 1988;263:11624-11626.
- 72.-Koneman E, Roberts D. *Micología Practica de Laboratorio*. 3ªed.Argentina:Médica Panamericana,1987:103-108.
- 73.-Tortora G, Funke B, Case C. *Microbiology*. 4ªed.USA:The Benjamin/Cummings Publishing Company,1992:296-306.
- 74.-Mc Murry J. *Organic Chemistry*. 3ªed.USA:Brooks/Cole Publishing Company,1992:815-820.
- 75.-Solomons T. *Organic Chemistry*. 4ªed.USA:John Wiley & Sons,1988:837-841.
- 76.-Windholz M, Budavari S. *The Merck Index*. 10ªed.USA:Merck & Con.,Inc,1983:545,547,863,865,866.
- 77.-Dean J. *Lange Manual de Química*. 13ªed.México:Mc Graw Hill,1989:7-131,7-180,7-230,7-366,7-432,7-440,7-483.
- 78.-Pavia D, Lampman G, Kriz G. *Introduction to Organic Laboratory Techniques*. 3ªed. USA: Saunders Golden Sunburst Series, 198: 86-95, 465-468.
- 79.-Message G. *Practical aspects of Gas Chromatography*. USA:John Wiley & Sons, 1984: 103-105.
- 80.-Miller J. *Chromatography concepts and contrasts*. USA: John Wiley & Sons, 1988: 111-130.
- 81.-Baugh P. *Gas Chromatography*. USA: IRL Press, 1993: 1-10.
- 82.-Feigl F, Anger V. *Prueba a la gota en el análisis orgánico*. México: El Manual Moderno, 1978: 218.
- 83.-*Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos*. 6ª ed. México:Secretaría de Salud, 1995: 298.
- 84.-Bentley F, Smithson D, Rozek A. *Infrared Spectra and Characteristic Frequencies*. USA: Interscience Publishers, 1988:616,619,622,625,628,640,646,649.
- 85.-Tombs P. *Biotechnology in the Food Industry*. USA: Prentice Hall, 1991:127-139, 161-179, 193-215.
- 86.-Abramowicz A. *Biocatalysis*. USA: Van Nostrand Reinhold, 1990:357-363.
- 87.-Gerhartz W. *Enzymes in Industry*. Federal Republic of Germany:VHC, 1990:77-90, 142-145.
- 88.-Gabelman A. *Bioprocess Production of flavor, fragrance and color*. USA: John Wiley & Sons, 1994:317-327.
- 89.-Dalton R. *Organic Chemistry in the Laboratory*. USA: Van Nostrand Company, 1989:260-265.
- 90.-Baker D, Engel R. *Organic Chemistry*. USA: West Publishing Company, 1992:554-560.
- 91.-Morrison T, Boyd N. *Organic Chemistry*. 5ªed.USA:Allyn and Bacon,Inc, 1987:889.
- 92.-Wilcox C. *Experimental Organic Chemistry*. USA:Mc Millan Publishing Company, 1984:192.
- 93.-Allinger N,Cava D,Johgh D,Johnson C,Lebel A. *Organic Chemistry*. USA:Worth Publishers,1986:203.

- 94.-Calderón M,Ruiz A. Espectroscopia Infrarroja. España: Alhambra. 1989:163,294.
- 95.-Raber D. Raber N. Organic Chemistry. USA:West Publishing Company,198:457.
- 96.-Silversten R, Basster G, Morrill C. Spectrometric Identification of Organic Compounds. 3ªed.USA: John Wiley & Sons,Inc,1984:130,206,262.
- 97.-Secondini O. Handbook of Perfumes and Flavors. USA:Chemical Publishing Co,Inc,1990:88, 89,92, 106,113,114,118,119,198,199,225-228,231,234-238,410.
- 98.-Arctander S. Perfume and Flavors Chemicals. Denmark:Montclair,1989:16,119, 126,519,1893,1898, 1939,2654,2657,2660,2661,2676,2678,2742,2743.
- 99.-Ardrey R, Allon R, Balt T, Joyce J, Moffat C. Pharmaceutical Mass Spectra. Great Britain:The Pharmaceutical Press,1985:242.
- 100.-Lewis R. Hazardous Chemicals Desk Reference. USA:Von Nostrand Reinhold, 1993:6,7,139-141,206, 208,213,229,230,558,560,561,567,595,736-738,829,830, 840,875,1090-1093.
- 101.-Gates C. Catalytic Chemistry. Singapore: John Wiley & Sons,1992:144-166.
- 102.-Shugar J,Ballinger J. Chemical Technicians' ready reference handbook. 3ªed. USA:Mc Graw Hill,1990:473-498,735-742,765,772,783,784,799-823.
- 103.-Munford S, Phillips J. The Physical Properties of Some Aliphatic Compounds. J.Chemical Society,1950:75-84.
- 104.-Merker R, Scott M. The Reaction of Alkyl Halides with Carboxylic Acids. J.Organic Chemistry 1946; 26:5180-5182.
- 105.-Vesley G, Stenberg V. The Catalytic Dehydrator for rapid Ester Synthesis. J.Organic Chemistry 1971; 36: 2548-2550.
- 106.-Natarajan K. Biocatalysis in Organic Solvents. J.Chemical Education 1991;68:13-16.
- 107.-Hansen D, Raines R. Binding Energy and Enzymatic Catalysis. J.Chemical Education 1990;67:483-488.
- 108.-Rasmussen P. Qualitative Analysis by Gas Chromatography versus the nose in formulating Artificial Fruit Flavors. J.Chemical Education 1984;61:62-67.
- 109.-Sarney D, Barnord M, Vitro M, Eugeng V. Enzymatic Synthesis of Sorbitan Esters. Biotechnology and Bioengineering 1997;54::351-356.
- 110.-Goh S, Yeong S,Wang C. Transesterification of Cocoa Butter by Fungal Lipases. JAOCS 1993;70:567-570.
- 111.-Ladner W,Whitesides G. Lipase-Catalyzed Hydrolysis as a Route to Esters of Chiral Epoxy Alcohols. JACS 1984;106:7250-7251.
- 112.-Vogel A. Physical Properties and Chemical Constitution of Aliphatic Carboxylic Esters. J.Chemical Society 1948:622-644.
- 113.-Langholz P, Andersen P, Forskov T, Schmidtsdorff W. Application of a Specificity of *Mucor miehei* Lipase to Concentrate Docosahexaenoic Acid. JAOCS 1989;66:1120-1123.
- 114.-Linfield W, O'Brien D, Serota S, Barauskas R. Lipid-Lipase interactions. JAOCS 1984;61:1067-1071.
- 115.-Cambou B, Klibanov A. Preparative Production of Optically Active Esters in Organic Media. JACS 1984;106:2687-2692.
- 116.-Muderhwa J, Ratomahenina R. Purification and Properties of the Lipase from *Candida deformans*. JAOCS 1985;62:1031-1036.
- 117.-Murakami M, Kawasaki Y, Kawanari M, Okai H. Transesterification of Oil by Fatty Acid-Modified Lipase. JAOCS 1993;70:571-574.
- 118.-Mitin Y, Braun K, Kuhl P. Papain Catalyzed Synthesis of Glyceril Esters. Biotechnology and Bioengineering 1997;54:287-291.
- 119.- Fabre C, Duvia V, Blanc P. Identification of Volatile Flavour Compounds obtained in culture of *Kluyveromyces marxianus*. Biotechnology Letters 1995;17:1207-1212.
- 120.- C.A 1986;104: 209130c
- 121.- C.A 1986; 104: 34177V
- 122.- C.A 1989; 111: 1172142
- 123.- C.A 1989; 111: 6850j
- 124.- C.A 1992; 116: 108800
- 125.- C.A 1992; 116: 154207



- 126.- C.A 1992; 116: 105638f
- 127.- C.A 1931; 25: 3015
- 128.- C.A 1931; 31: 368
- 129.- C.A 1957; 51: 12962
- 130.- C.A 1971; 75: 35161d
- 131.- C.A 1979; 90: 15165p
- 132.- C.A 1986; 104: 129506q
- 133.- C.A 1988; 109: 210559j
- 134.- C.A 1930; 24: 3757
- 135.- C.A 1951; 45: 9556
- 136.- C.A 1957; 51: 12962
- 137.- C.A 1956; 50: 9330
- 138.- C.A 1958; 52: 11900
- 139.- C.A 1958; 52: 16206
- 140.- C.A 1959; 53: 7017
- 141.- C.A 1938; 32: 2085
- 142.- C.A 1939; 33: 3395
- 143.- C.A 1936; 30: 485
- 144.- C.A 1941; 35: 2155
- 145.- C.A 1969; 70: 87059f
- 146.- C.A 1969; 70: 3212b
- 147.- C.A 1989; 111: 59983m
- 148.- C.A 1992; 116: 128306k
- 149.- C.A 1992; 116: 58706q
- 150.- C.A 1992; 116: 1513322
- 151.- C.A 1969; 70: 114556m
- 152.- C.A 1969; 70: 37208v
- 153.- C.A 1970; 73: 34824v
- 154.- C.A 1942; 36: 3795
- 155.- C.A 1953; 47: 11228
- 156.- C.A 1955; 49: 932
- 157.- C.A 1960; 54: 7978
- 158.- C.A 1962; 56: 3411
- 159.- C.A 1969; 71: 101337m
- 160.- C.A 1958; 52: 17095
- 161.- C.A 1969; 71: 49307k
- 162.- Hornstein Y. Flavor Chemistry. USA: American Chemical Society, 1966:121-129
- 163.- Borfoed H. Production of Enzymes by Fermentation. USA: John Wiley & Sons, 1981:3-28.
- 164.- Reetz M, Zonta A, Simpelkamp J. Efficient Immobilization of Lipases by Entrapment in Hydrophobic Sol-Gel Materials. *Biotechnology and Bioengineering* 1996;49:527-534.
- 165.- Stamatis H, Xenakis A, Dimitriadis E, Kolisis F. Catalytic Behavior of *Pseudomonas cepacia* Lipase in w/o Microemulsions. *Biotechnology and Bioengineering* 1995;45:33-41 .
- 166.- Dudal Y, Lortie R. Influence of Water activity on the Synthesis of Triolein Catalyzed by Immobilized *Mucor miehei* Lipase. *Biotechnology and Bioengineering* 1995;45:129-134.
- 167.- Triantafyllou A, Wehtje E, Adlercreutz P, Mattiasson B. Effects of Sorbitol Addition on the Action of Free and Immobilized Hydrolytic Enzymes in Organic Media. *Biotechnology and Bioengineering* 1995;45:406-414.
- 168.- Svensson I, Wehtje E, Adlercreutz P. Effects on Reaction Rates and Equilibrium Positions in Enzymatic Esterifications. *Biotechnology and Bioengineering* 1994;44:549-556.
- 169.- Marqués de Cantu M. Probabilidad y estadística para ciencias Químico-Biológicas. México:Mc Graw Hill, 1990:394-405.
- 170.- Montgomery D. Diseño y análisis de experimentos. México:Grupo editorial Iberoamerica, 1991:419-428.

171.- CA 1937: 31: 368