

Principios de la Química Verde

Introducción e Historia de la Química Verde CCA- UNAM

<https://www.youtube.com/watch?v=H8RhsXp-dPU>

Ver el video y hacer un resumen del mismo

Respondiendo las siguientes preguntas:

¿Qué es la química verde?

¿Qué es la química sostenible?

¿Qué es desarrollo sostenible?

Diferencia entre sustentabilidad y sostenibilidad

¿Quién dio el primer ejemplo de desarrollo sostenible?

¿Quién escribió el libro Silent spring? Y cual fue su importancia.

¿Quiénes idearon la química verde y sus 12 principios?

SUBIR SU RESUMEN AL SIGUIENTE LINK DE GOOGLE DRIVE:

<https://drive.google.com/drive/folders/1y-UnwolJ9e7PYV7Tq3y9rPXKaeWucqy3?usp=sharing>

Química Verde

- ◆ La química verde es el diseño de productos químicos y procesos que reducen o eliminan el uso y/o generación de sustancias peligrosas



Aproximación Histórica a los problemas ambientales

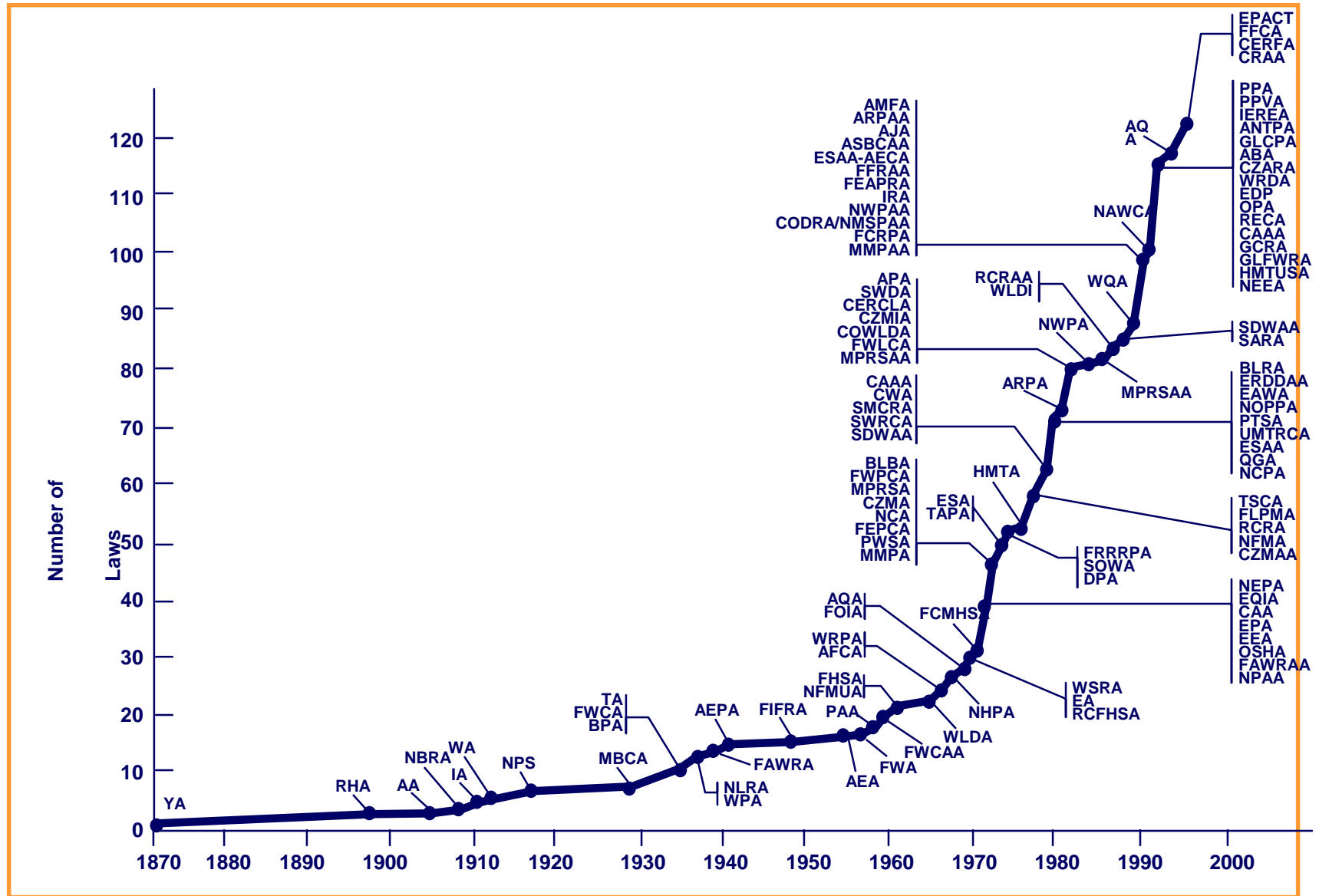
- ◆ Tratamiento de desechos, control y disposición final; monitoreo de contaminantes; limpieza del sitio de generación de los desechos peligrosos.
- ◆ Desarrollo de estándares para emisiones hacia el aire, el agua y disposición final en la tierra, y regulación de dichos estándares
- ◆ “Regulación y control”

Solución del siglo XXI a los problemas de la contaminación



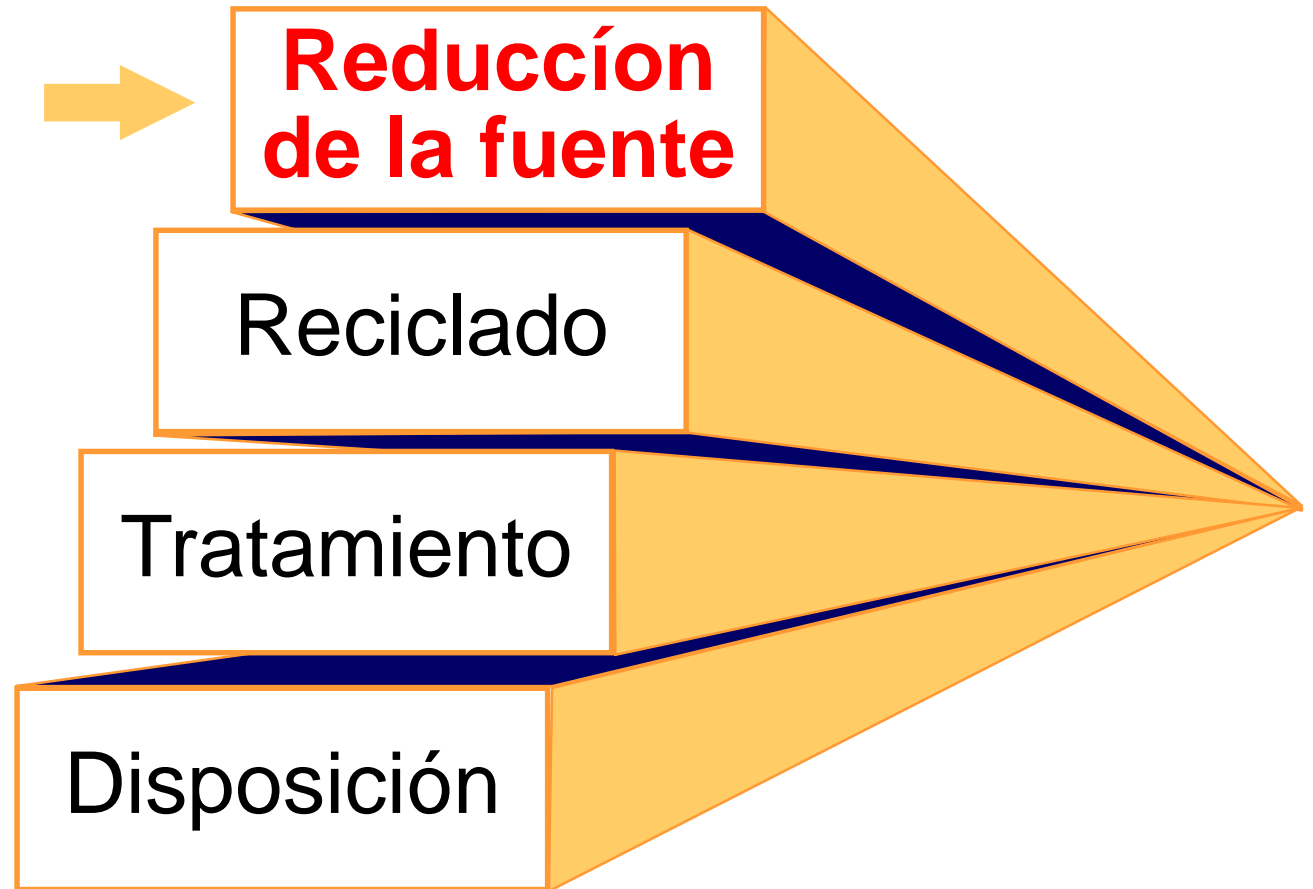


Crecimiento en la Regulación Ambiental



Acta de la Prevención de la Contaminación de 1990

Prevención de la
contaminación

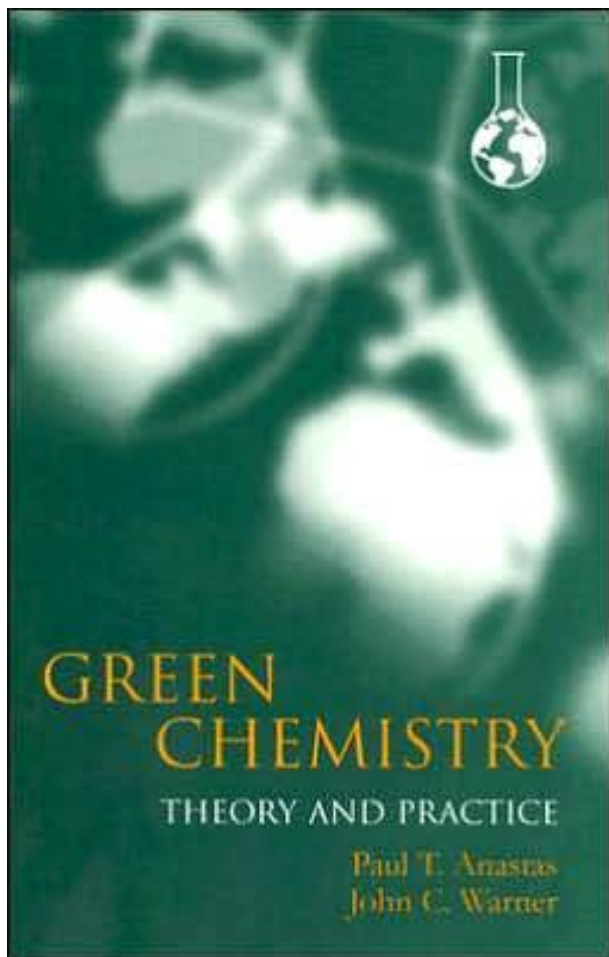


12 principios de la química verde,

fueron publicados originalmente por

Paul Anastas y John Warner

Green Chemistry: Theory and Practice



12 principios de la química verde



1. Prevención. ■
2. Economía atómica. ■
3. Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida. ■
4. Generar productos eficaces pero no tóxicos.
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares. ■
6. Disminuir el consumo de energía. ■

12 principios de la química verde



7. Utilización de materias primas renovables.
8. Evitar la derivatización innecesaria.
9. Potenciación de la catálisis.
10. Generar productos biodegradables.
11. Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real.
12. Minimizar el potencial de accidentes químicos. ■



Según el código de conducta de la American Chemical Society

"los químicos tienen como responsabilidad profesional servir al interés público, al bienestar y al avance del conocimiento científico, preocuparse de la salud y el bienestar de sus compañeros, consumidores y la comunidad, comprender y anticiparse a las consecuencias medioambientales de su trabajo, evitar la polución y de proteger el medioambiente"

(American Chemical Society, 1994).

En 1983 la ONU estableció una Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, dirigida por la sueca, *Gro Harlem Brundtland*, quien había sido nombrada Primer Ministro en su país. Bajo el nombre de Comisión Brundtland, se inició una gama de estudios, mesas redondas y conferencias públicas en todo el mundo



También se remarca que tanto el desarrollo económico como el social deben basarse en la sustentabilidad, considerándose como conceptos claves las políticas de desarrollo sustentable, las cuales deben identificarse con los dos siguientes puntos:

- 1) Satisfacer las necesidades básicas de la humanidad: alimentación, vestido, vivienda y salud.



2) La necesidad de limitar al desarrollo impuesto por el estado actual de la organización tecnológica y social, su impacto sobre los recursos naturales y por la capacidad de la biosfera para absorber dicho impacto.



La Comisión Brundtland recomendó iniciar una nueva perspectiva de adaptar un crecimiento económico justo, desde el punto de vista:

- ECOLÓGICO, declarando que el desarrollo sustentable debe ser aplicado, tanto a la administración de la economía como al desarrollo de tecnología y al manejo de los recursos naturales,
- RENOVACIÓN EN LOS PROPÓSITOS DE LA SOCIEDAD, orientado a un cambio de actitud de mayor respeto hacia los ecosistemas, la biodiversidad, el medio ambiente y los recursos naturales. (United Nations, 1987).



SUSTENTABILIDAD:

Satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Se necesita educación en este sentido para todo el mundo (no solo los químicos)



- 1. Prevención:** intente no producir desechos, y de esa manera no habrá necesidad de limpiarlos.
- 2. Economía de átomo:** el objetivo debería ser que el producto final contenga todos los átomos utilizados en el proceso.
- 3. Menos síntesis química con materiales peligrosos:** siempre que sea posible, los métodos de producción deben estar diseñados para la producción de las sustancias menos tóxicas para las personas o el medio ambiente.
- 4. Diseñar químicos más seguros:** los productos químicos deben estar diseñados para cumplir su función con el mínimo daño posible a las personas o el medio ambiente.
- 5. Solventes más seguros:** al elaborar materiales, se debe intentar no utilizar solventes u otros químicos innecesarios. Si es necesario usarlos, no deben ser perjudiciales para el medio ambiente.
- 6. Diseñar para ahorrar energía:** se debe reducir al mínimo la energía necesaria para generar una reacción, a fin de reducir el impacto ambiental y económico. De ser posible, los procesos se deben llevar adelante a temperaturas y presiones ambiente.
- 7. Usar materias primas renovables:** una materia prima debe ser renovable siempre que sea posible.
- 8. Reducir los productos derivados:** se debe intentar que la reacción no implique demasiados pasos, porque eso implica la necesidad de usar más reactivos y se generan más desechos.
- 9. Catálisis :** las reacciones con catalizador son más eficientes que las no catalizadas.
- 10. Diseñar productos degradables:** cuando se terminan de usar los productos químicas, deben poder descomponerse en sustancias que no sean tóxicas y que no permanezcan en el medio ambiente.
- 11. Análisis en tiempo real para prevenir la contaminación:** es necesario desarrollar metodologías que permitan detectar productos perjudiciales antes de elaborarlos.
- 12. Composiciones químicas naturalmente más seguras para prevenir accidentes:** las sustancias utilizadas en un proceso químico se deben elegir con el objetivo de minimizar el riesgo de accidentes químicos en mente. Esto incluye explosiones e incendios.

Paul T. Anastas y John C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, New York: Oxford University Press, 1998, p 30

GUÍA DE BOLSILLO DE LA QUÍMICA VERDE

Green Chemistry Pocket Guide

The 12 Principles of Green Chemistry

Provides a framework for learning about green chemistry and designing or improving materials, products, processes and systems.

1. Prevent waste
2. Atom Economy
3. Less Hazardous Synthesis
4. Design Benign Chemicals
5. Benign Solvents & Auxiliaries
6. Design for Energy Efficiency
7. Use of Renewable Feedstocks
8. Reduce Derivatives
9. Catalysis (vs. Stoichiometric)
10. Design for Degradation
11. Real-Time Analysis for Pollution Prevention
12. Inherently Benign Chemistry for Accident Prevention

www.acs.org/greenchemistry



ACS
Chemistry for Life™



ACS
Green Chemistry
Institute®

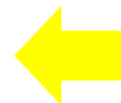
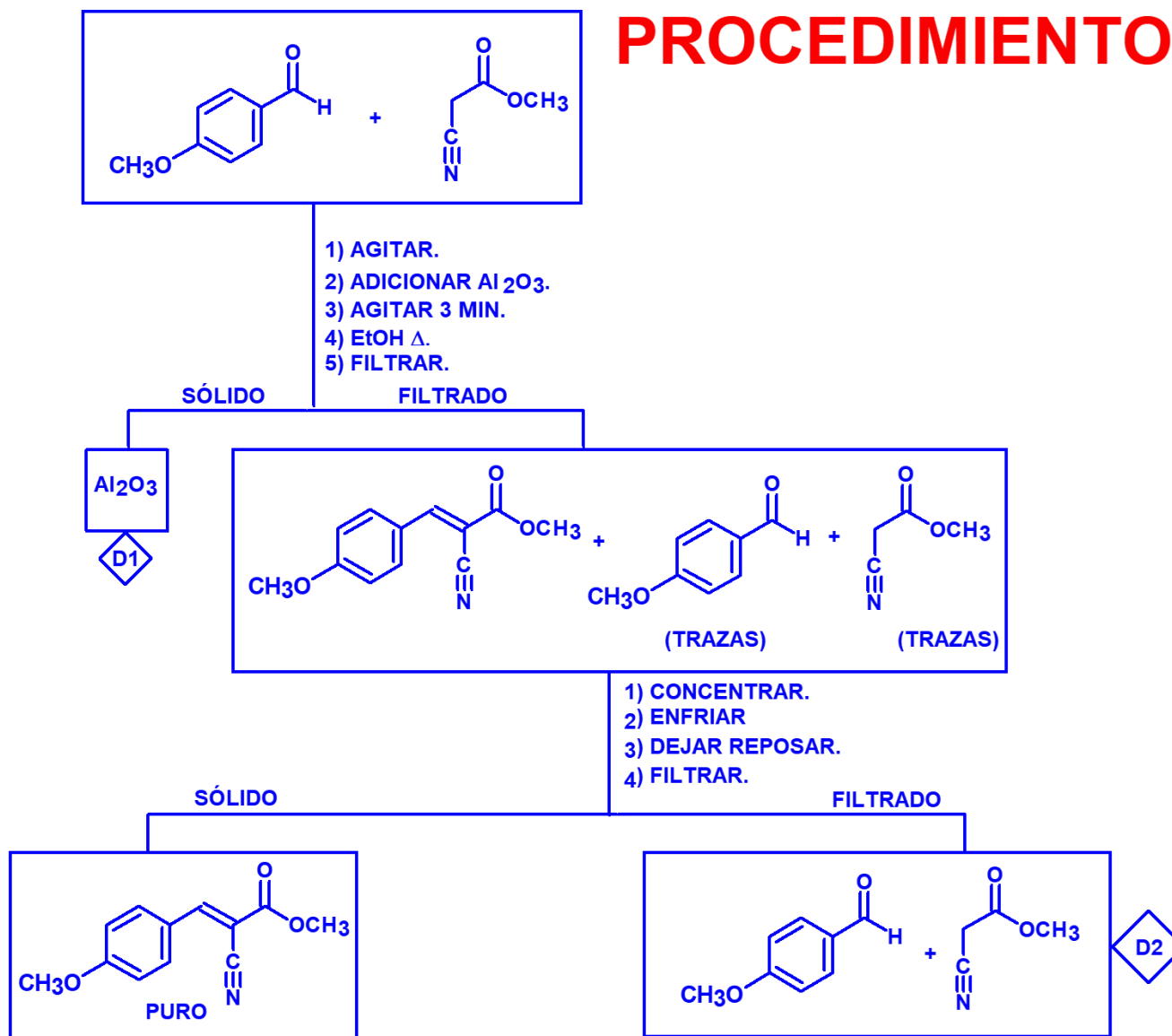
Principio 1

Es preferible evitar la producción de un residuo, que tratar de llevar a cabo el tratamiento antes de desecharlo una vez que se haya formado.



PRINCIPIO 1

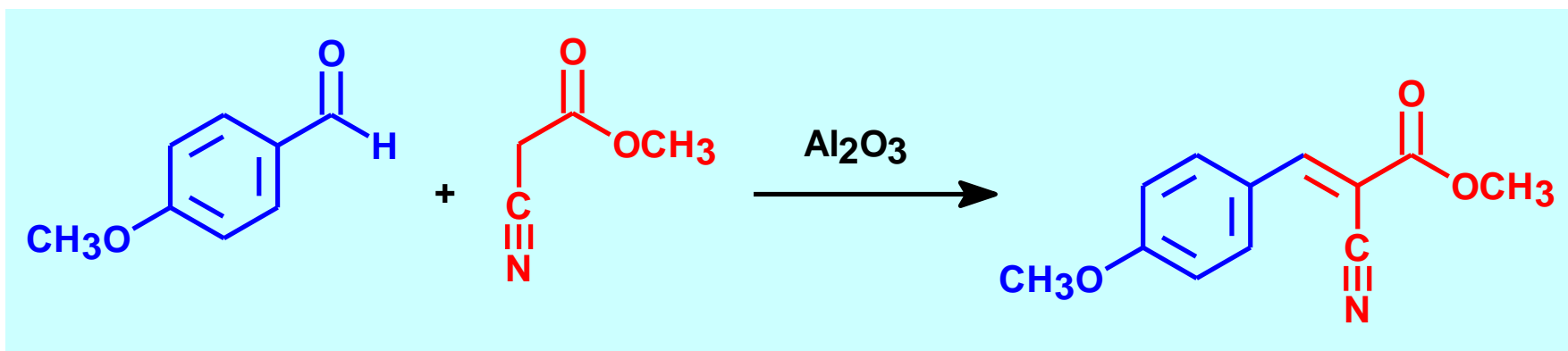
PROCEDIMIENTO



Principio 2 Economía atómica

Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso.

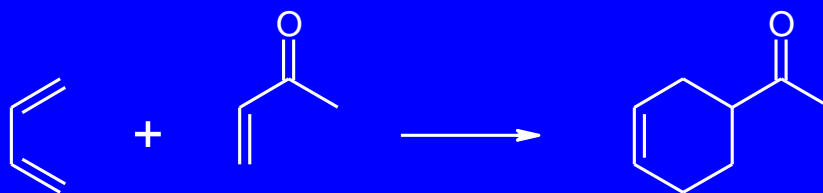
$$\text{Porcentaje de economía atómica} = \left(\frac{\text{Peso Molecular Productos}}{\text{Peso Molecular Reactivos}} \right) \times 100$$



Economía Atómica

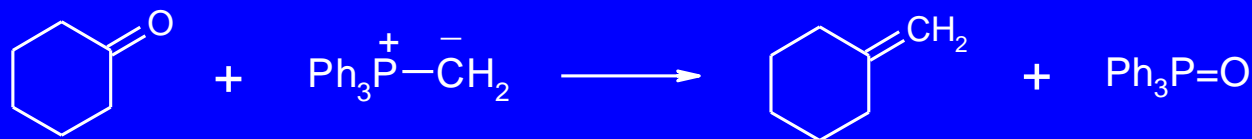
$$\text{Porcentaje de economía atómica} = \left(\frac{\text{Peso Molecular Productos}}{\text{Peso Molecular Reactivos}} \right) \times 100$$

Reacción de Diels-Alder



**100 % de
Economía atómica**

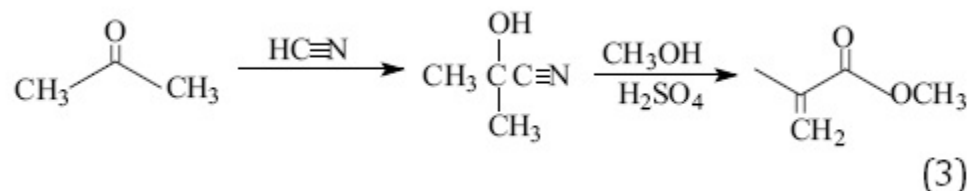
Reacción de Wittig



**35 % de
Economía atómica**

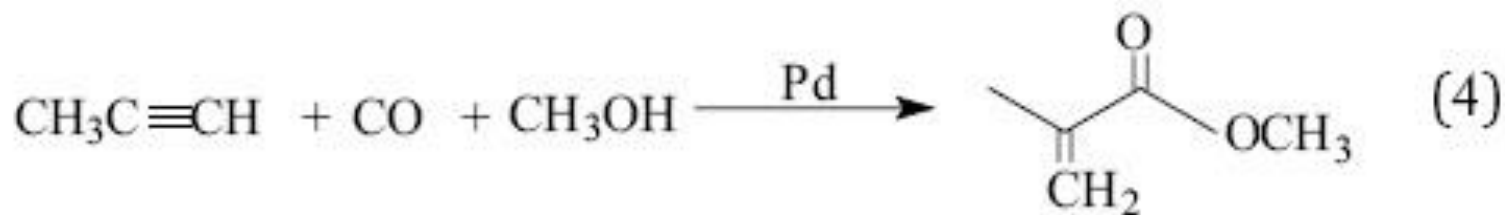


Por ejemplo, el poli(metacrilato de metilo) se utiliza en la fabricación de resinas y plásticos. La síntesis tradicional del monómero —metacrilato de metilo— usa como reactivos acetona y cianuro de hidrógeno, seguidos por la hidrólisis ácida y la esterificación como se indica a continuación:



La economía atómica es del 75%.

La síntesis verde indicada a continuación tiene una economía atómica de 97.7%:

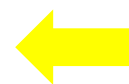
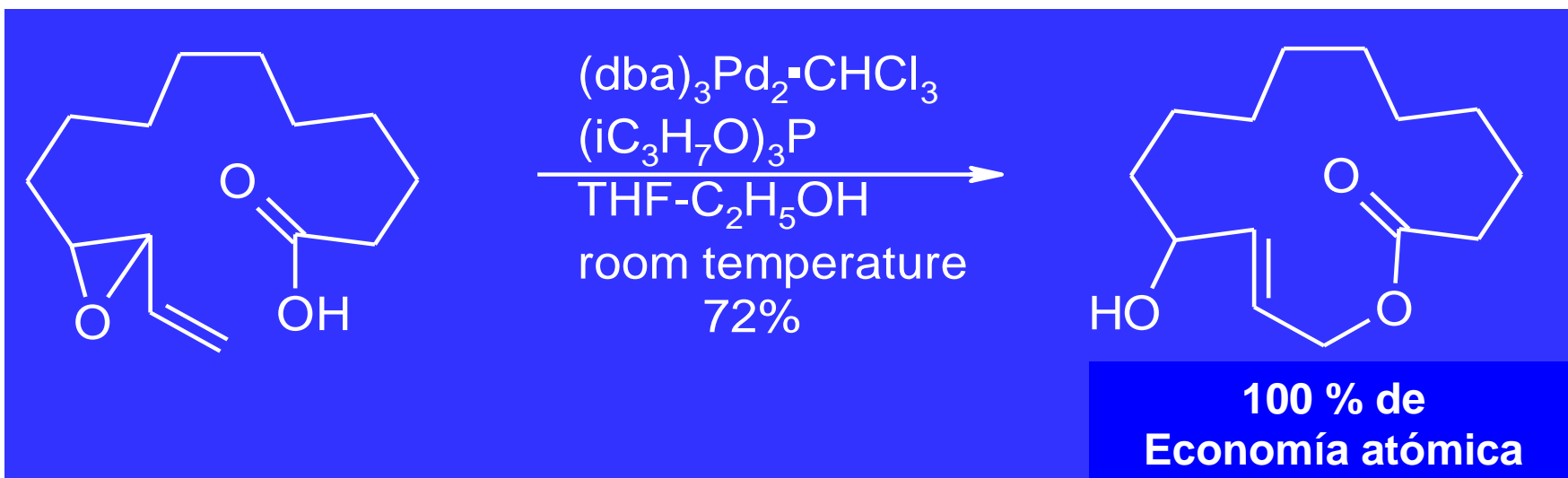


Principio 2: Economía atómica

◆ Catalizadores de Paladio

Alquilaciones Alílicas con una alta economía atómica

Trost, Stanford University



Principio 3: Uso de síntesis con un menor riesgo

Síntesis del policarbonato: Proceso utilizando fósgeno



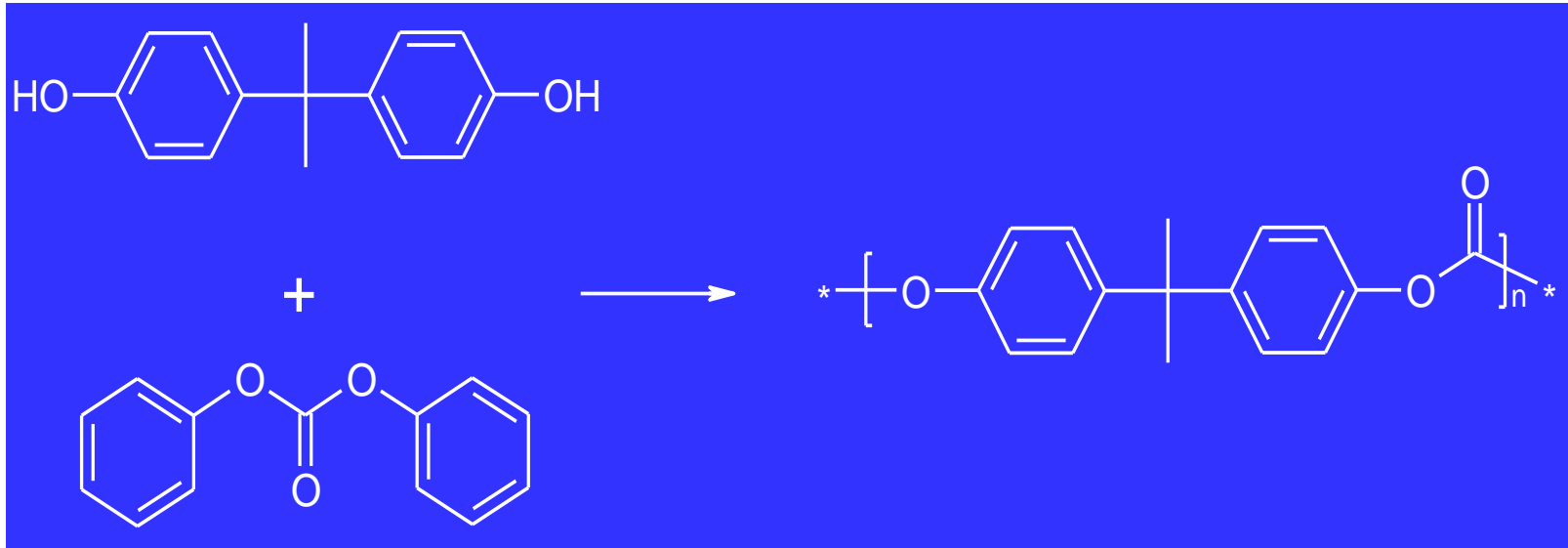
◆ Desventajas

- el fósgeno es tóxico, corrosivo
- requiere una gran cantidad de CH_2Cl_2
- el policarbonato contaminado con Cl impurezas



Principio 4: Uso de sustancias no tóxicas

Síntesis del policarbonato: Proceso en estado sólido



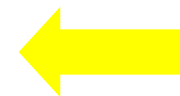
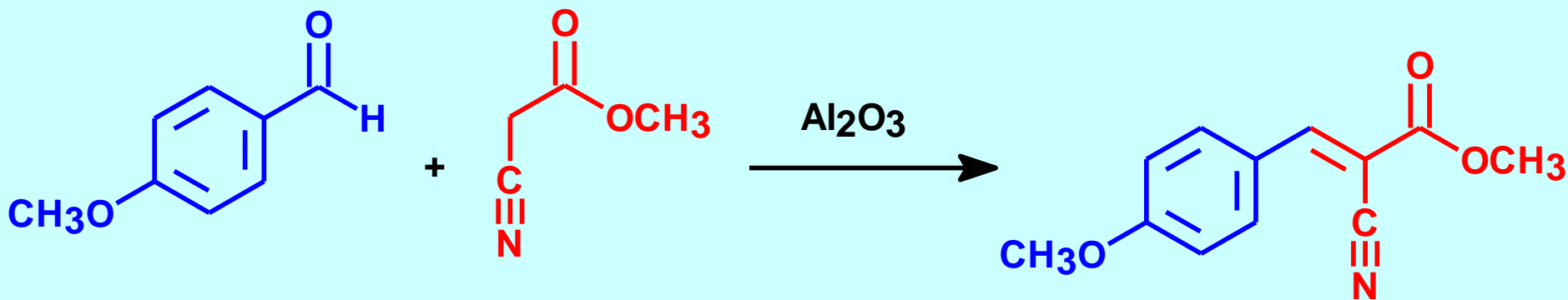
◆ Ventajas

- el carbonato de difenilo es sintetizado sin fósgeno
- se elimina el uso de CH_2Cl_2
- el policarbonato es de uno de la más alta calidad



Principio 3: Uso de síntesis con un menor riesgo

Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.

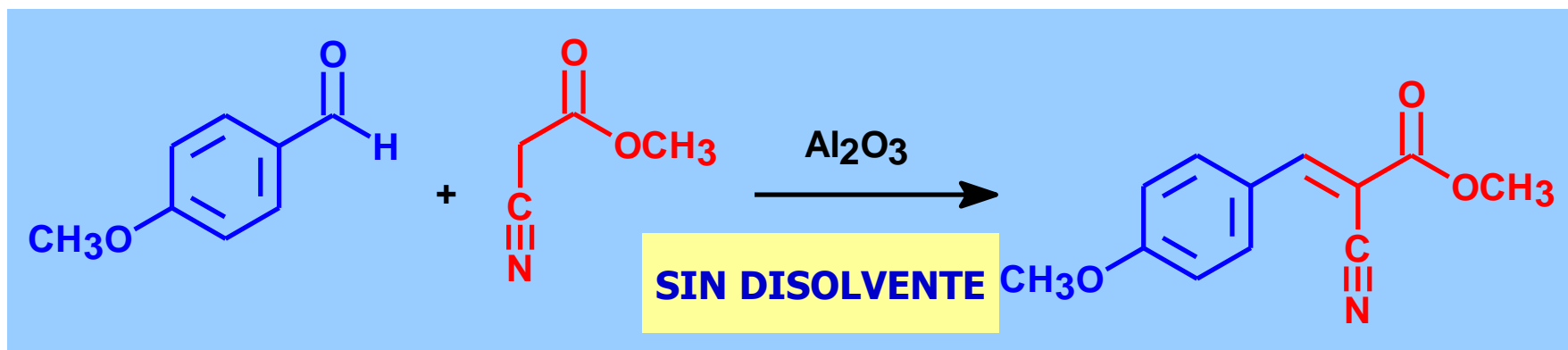


Principio 4: Uso de sustancias no tóxicas

Los productos químicos deberán ser diseñados de tal manera que mantengan su eficacia, a la vez que reduzcan su toxicidad.

Principio 5 Disolventes y auxiliares benignos

Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias auxiliares (disolventes, reactivos de separación, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuo posible.



Ventajas de prescindir del disolvente

Química sin disolventes

➤ Mayor reactividad



**Concentración
máxima de reactivos**

(Posibilidad de emplear la activación por microondas)

➤ Mayor productividad

Mayor cantidad en el mismo volumen de reactor

➤ Simplificación de los procesos

➤ Procesos de lavado y extracción más simples o innecesarios



Técnicas posibles

➤ **Reacciones sin disolvente ni soporte**

- ✓ Sólido-Sólido
- ✓ Sólido-Líquido
- ✓ Sólido-Gas
- ✓ Líquido-Líquido
- ✓ Líquido-Gas
- ✓ Gas-Gas

Uso posible de catalizadores

➤ **Reacciones sobre soportes minerales**

- **Reacciones sólido-líquido con un catalizador de transferencia de fase (CTF)**





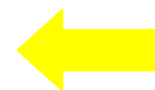
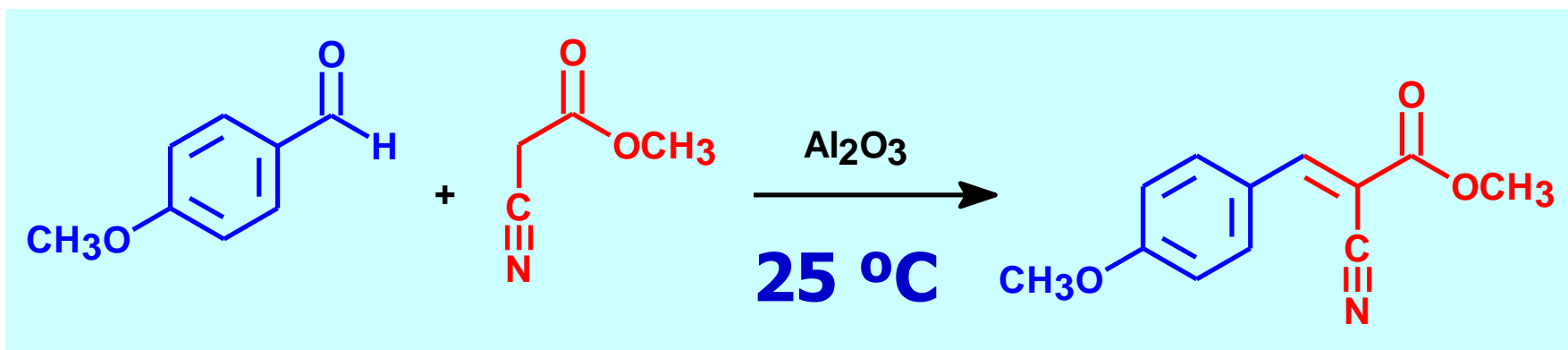
Cinética de la reacción

$$k = K [\text{A}] [\text{B}]$$



Principio 6 Diseño para eficiencia energética

Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes



PRINCIPIO 7 USO DE MATERIAS PRIMAS RENOVABLES

La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.

PRINCIPIO 8 REDUCIR LA FORMACIÓN DE DERIVADOS

Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).

PRINCIPIO 9 USO DE CATALIZADORES

Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible) en vez de reactivos estequiométricos.

PRINCIPIO 10 DISEÑO PARA QUE LOS RESIDUOS SEAN DEGRADADOS

Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.

PRINCIPIO 11 ANÁLISIS EN TIEMPO REAL PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN

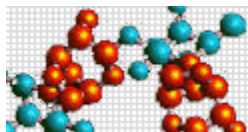
Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.

PRINCIPIO 12 LLEVAR A CABO UNA QUÍMICA BENIGNA PARA EVITAR ACCIDENTES

Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el potencial de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.



IMPORTANCIA DE LA MINIMIZACIÓN



National Microscale Chemistry Center

Llevar a cabo investigaciones para desarrollar nuevas técnicas de laboratorio, las reacciones y equipos para su uso a nivel de microescala para aplicar la P2 (prevención de la contaminación) la filosofía a través de reducciones de residuos en la fuente. Más recientemente, nuevas técnicas de micro-titulaciones, mediciones propiedad físicas, electroquímica y la remediación de los contaminantes se han desarrollado. Científicos visitantes también vienen al centro para trabajar en estos proyectos.

Preparaciones a escala de multi-gramos
a
escala de miligramos

IMPORTANCIA DE LA MINIMIZACIÓN

1. Ahorra tiempo en la preparación y es más claro el proceso
2. Se reduce la generación de desechos en la fuente
3. Más segura
4. El costo es menor en cuanto a las sustancias químicas (menor cantidad) y el equipo
5. Menor área de almacenamiento
6. Hay una reducción en la dependencia de los sistemas de ventilación intensiva
7. Atmosfera de trabajo agradable
8. Tiempos de reacción más cortos
9. Hay más tiempo para la evaluación y la comunicación

IMPORTANCIA DE LA MINIMIZACIÓN

Los cursos de enseñanza práctica han ocupado siempre un lugar importante en la enseñanza de la química.

Creciente escrutinio por parte de los administradores y supervisores de los presupuestos.

Los objetivos, procesos y resultados académicos de la enseñanza, han llevado a revisar los cursos de enseñanza práctica, para responder a las siguientes cinco preguntas habituales que

1. ¿Por qué lo estamos haciendo?
2. ¿Cómo lo estamos haciendo?
3. ¿Por qué lo estamos haciendo de esa manera?
4. ¿Cómo sabemos que es la mejor manera?
5. ¿Cómo sabemos que funciona?

Con el fin de que éste tipo de cursos permanezcan en los cursos que se imparten en la educación superior,

es una actividad

que es costosa,

que consume tiempo

y que potencialmente es peligrosa

Tenemos que estar seguros de que tiene valor y que los beneficios reales no se pueden obtener de otra manera.

Esta actividad permite que el alumno desarrolle:

Habilidad manual

Habilidades de observación

La capacidad de interpretar
los datos experimentales

La crítica que se ha hecho a la forma tradicional en la que se imparten los cursos de enseñanza práctica es que:

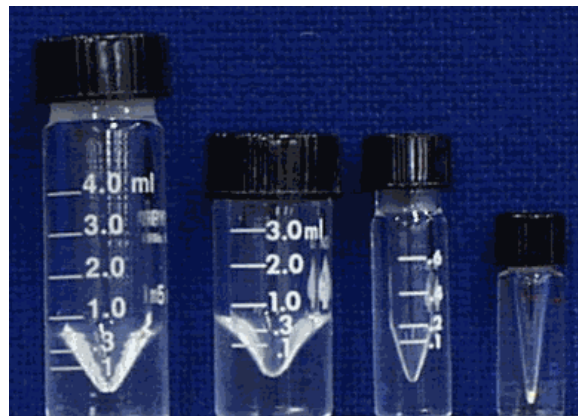
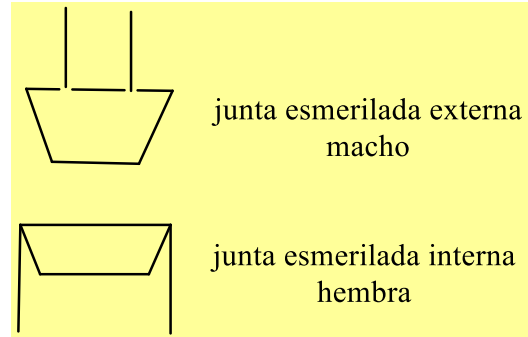
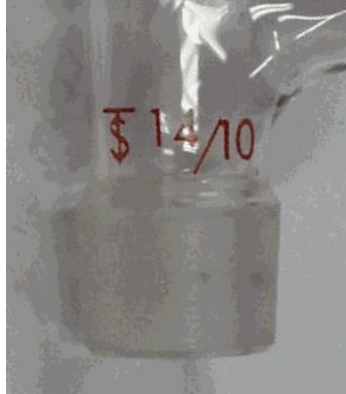
Se pone poco énfasis en el pensamiento.

Su carácter prescriptivo hace hincapié en el seguimiento de procedimientos específicos.

La práctica no permite que los estudiantes puedan planificar un experimento.

No es realista en su descripción de los procesos de la ciencia.







- A. The aqueous solution contains the desired product.
- B. Methylene chloride is used to extract the aqueous phase.
- C. The Pasteur-filter tip pipet is placed in the vial.
- D. The lower organic layer is removed from the aqueous phase.
- E. The organic layer is transferred to a dry test tube or conical vial. The aqueous layer remains in the original extraction vial.



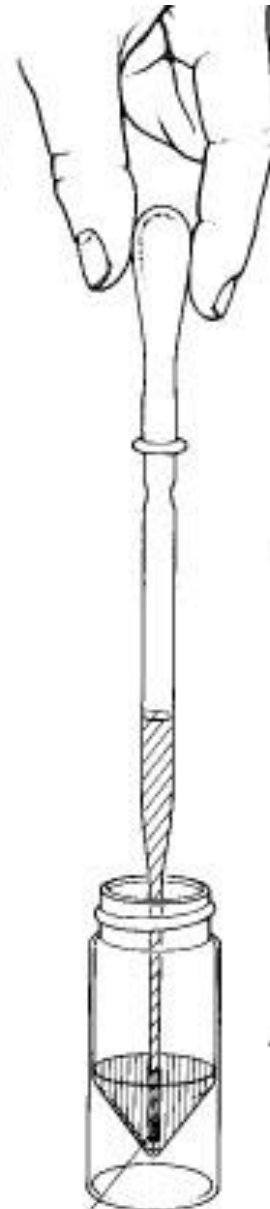
A



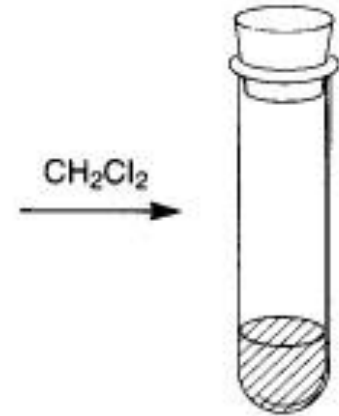
B



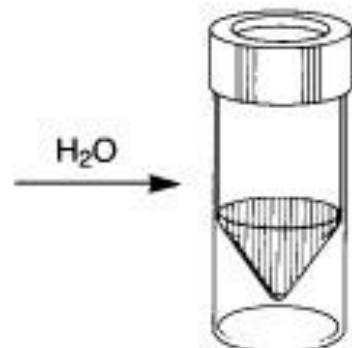
C



D



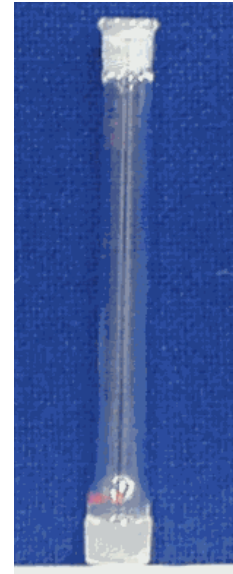
CH_2Cl_2



E

H_2O

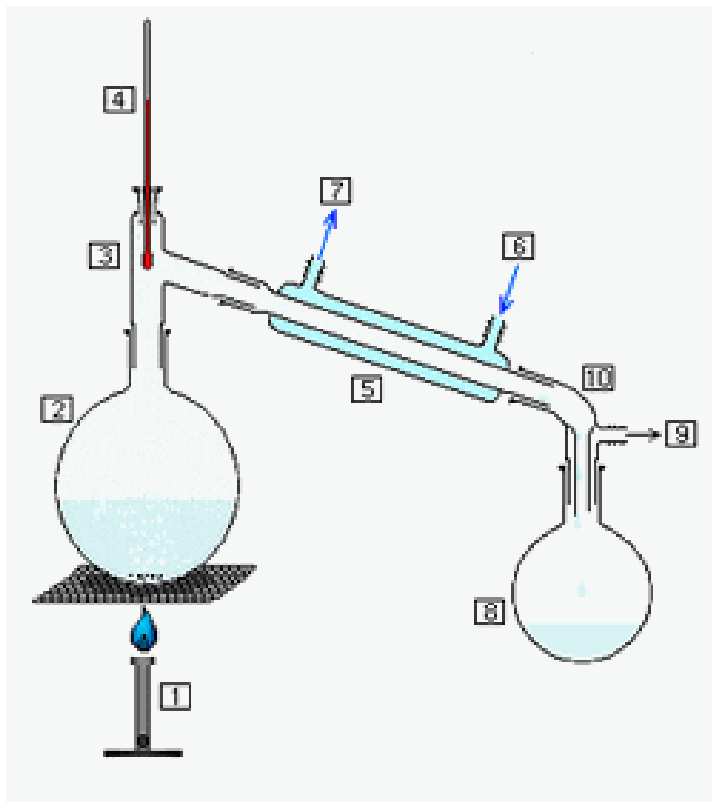
CONDENSADORES DE AIRE.



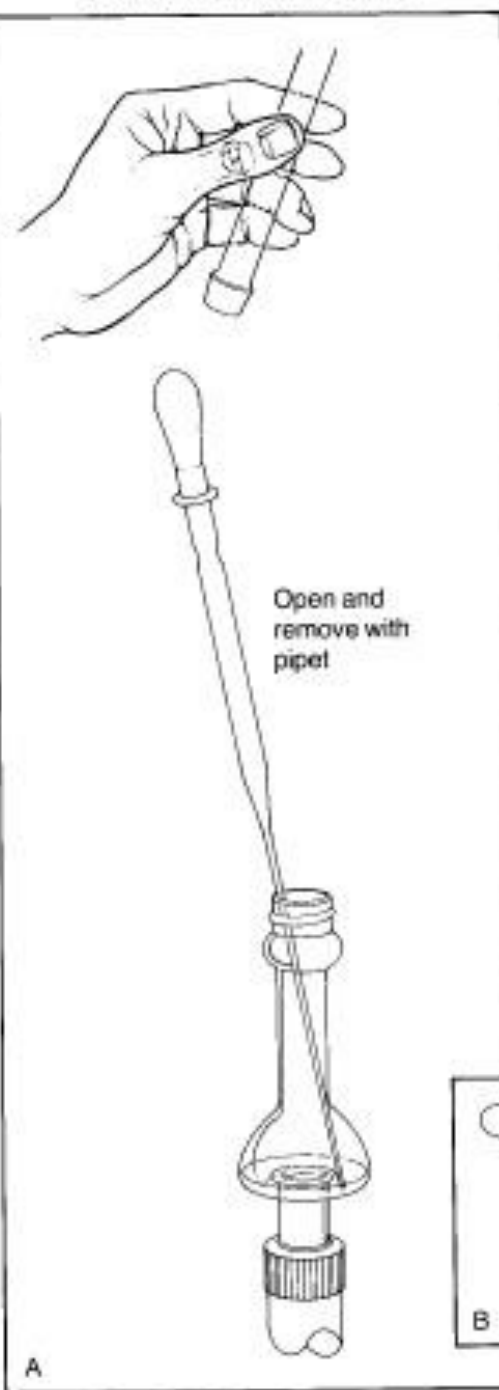
CABEZA DE CLAISEN O ADAPTADOR DE CLAISEN.



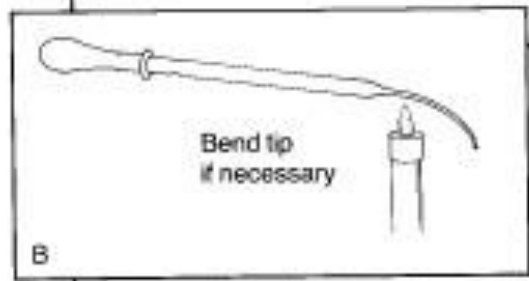
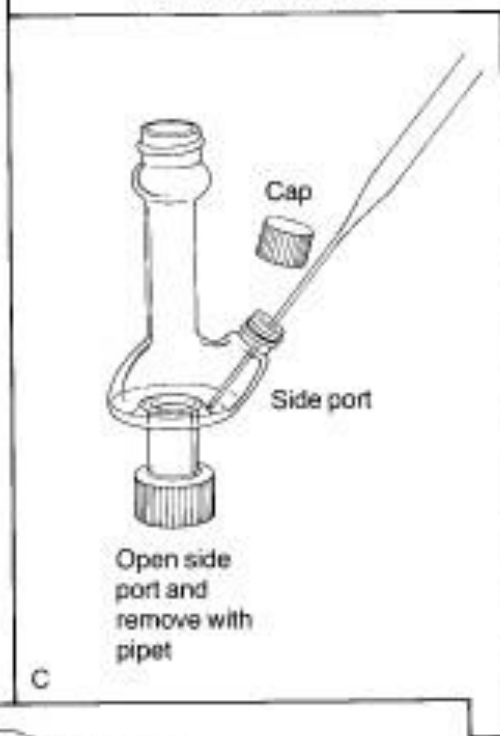
CABEZA DE DESTILACIÓN DE HICKMAN.



Dismantling and using pipet



Hickman with side port

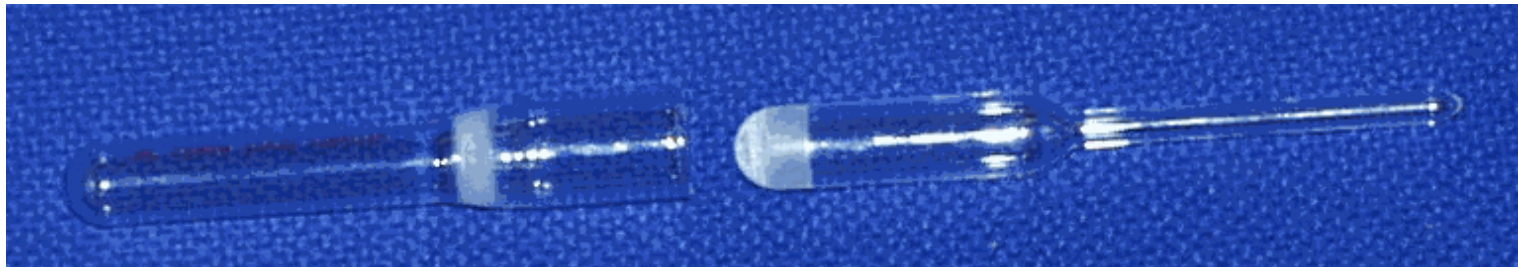


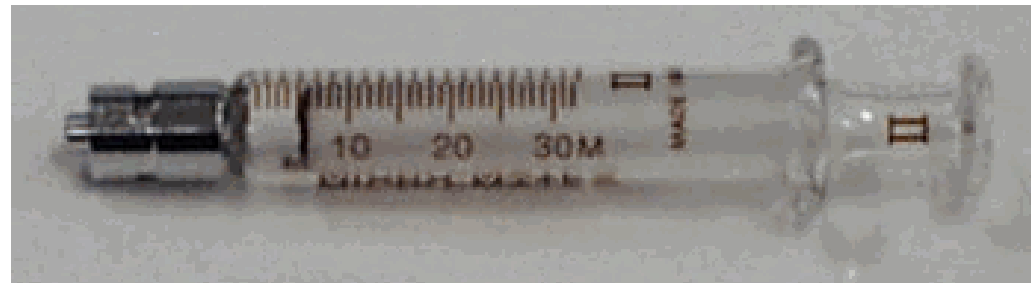
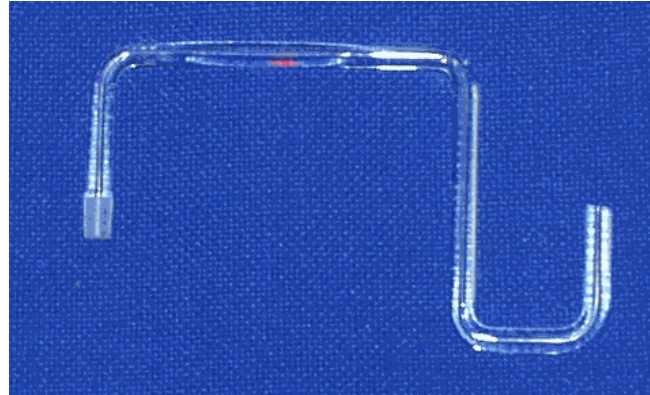
Modifying pipet to reach

TRAMPA DE HUMEDAD (TUBO DE SECADO).

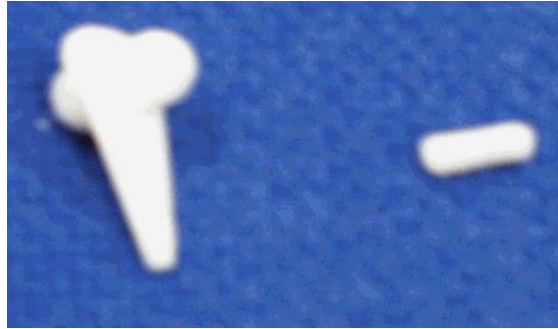


TUBO DE CRAIG.





BARRA DE AGITACIÓN MAGNÉTICA.



MICRO-ESPÁTULA.



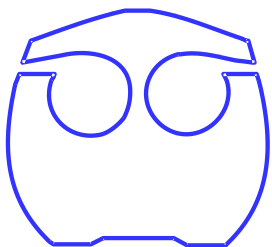
El reto para los profesores de cursos de enseñanza práctica consiste en diseñar nuevos experimentos de usos múltiples, que permitiera esclarecer las ideas teóricas y explicar los principios químicos durante las horas regulares asignadas para estos cursos.



**“EXPERIMENTOS UTILIZANDO
TÉCNICAS DE QUÍMICA VERDE
(SUSTENTABLE)”**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÁNICA

M en C FERNANDO LEÓN CEDEÑO

Curso de Química Verde

Centro Mexicano de Química en Microescala,
Universidad Iberoamericana, A.C.
Campus Ciudad de México

Kenneth M. Doxsee
Universidad de Oregon



The Oregon Green Chemistry Center

María del Carmen Doria
Serrano (UIA)



Curso de Química Verde,
Centro Mexicano de Química en Microescala,
Universidad Iberoamericana, A.C.

Campus Ciudad de México

***Kenneth M. Doxsee y
María del Carmen Doria Serrano***



Green Organic Chemistry

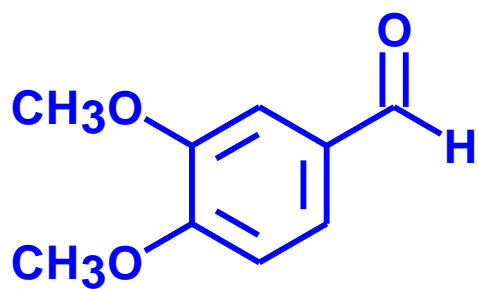
Strategies, Tools, and Laboratory Experiments



Kenneth M. Doxsee / James E. Hutchison

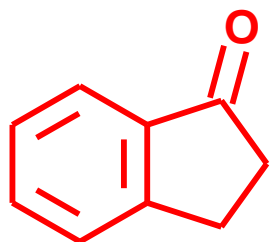
*Green Organic Chemistry,
Strategies, Tools and
Laboratory Experiments*
Kenneth M. Doxsee and
James E. Hutchison
2004, Ed. Thomson

CONDENSACIÓN ALDÓLICA SIN UTILIZAR DISOLVENTES



3,4-DIMETOXI-
BENZALDEHÍDO

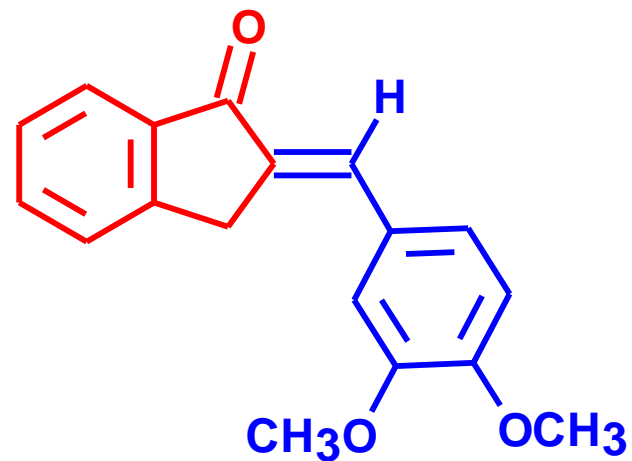
+



1-INDANONA

NaOH

25 °C



DOCENCIA



Academia Mexicana de Ciencias

PROGRAMA DE OLIMPIADAS OLIMPIADA DE QUÍMICA



13^a. Olimpiada Nacional de Química

**Facultad de Ingeniería Química, Universidad
Autónoma de Yucatán**

Academia Mexicana de Ciencias, A.C.

**Facultad de Química, Universidad Nacional
Autónoma de México**

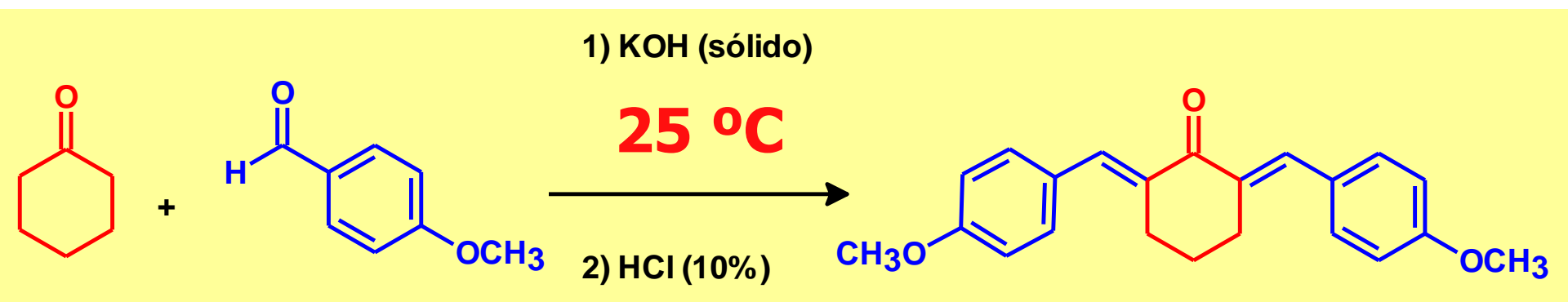
Mérida, Yucatán, del 7 al 11 de marzo del 2004

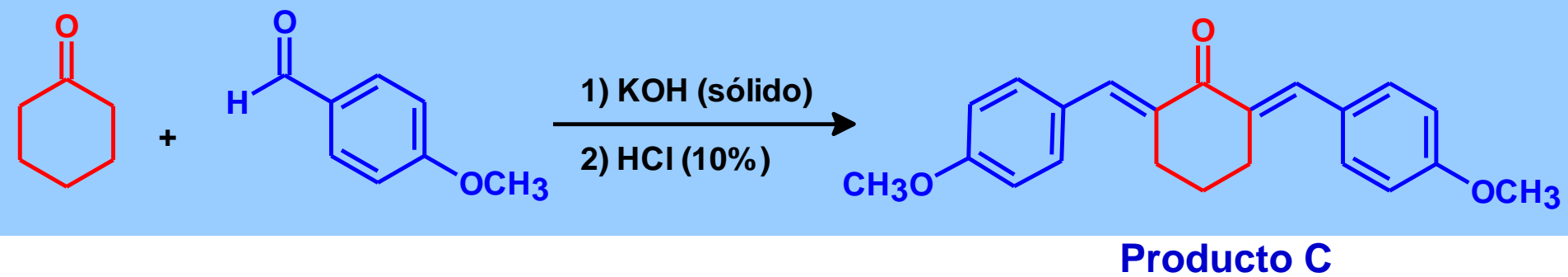
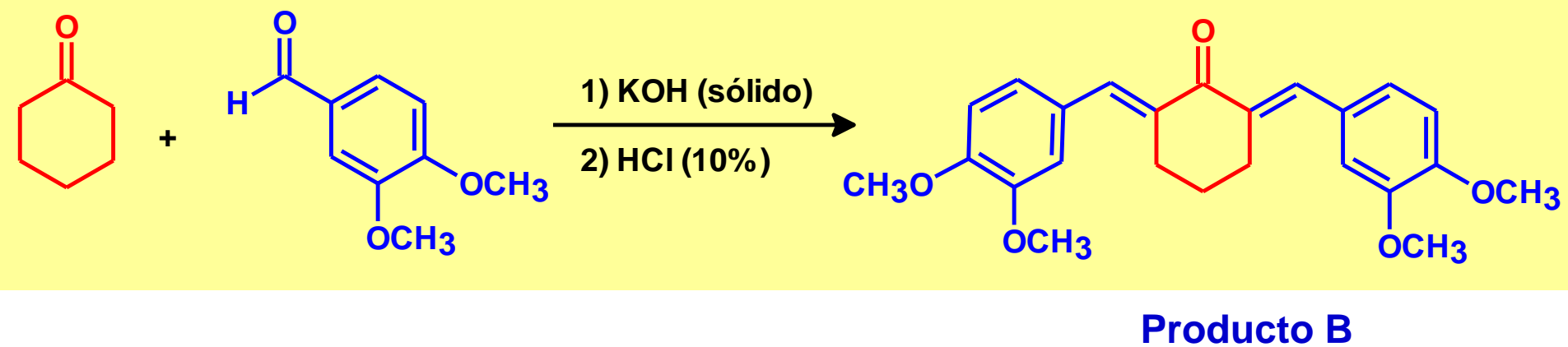
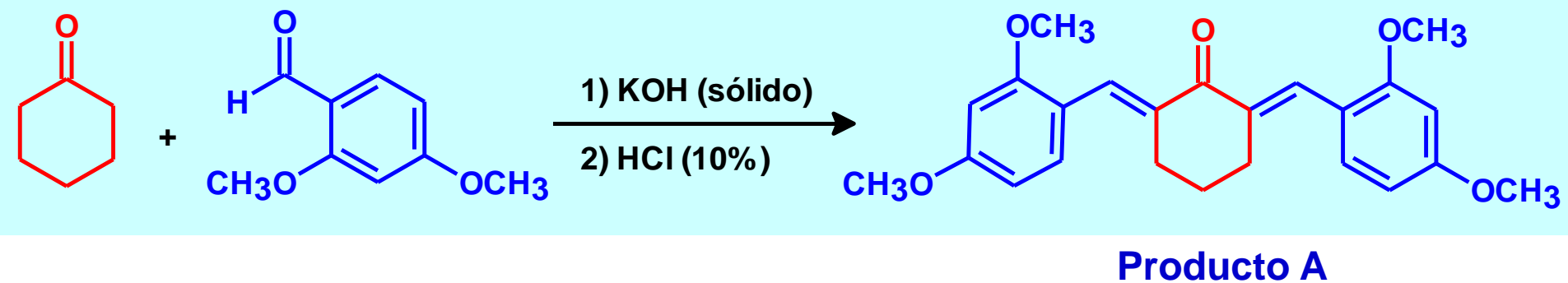
CONCURSO A NIVEL NACIONAL

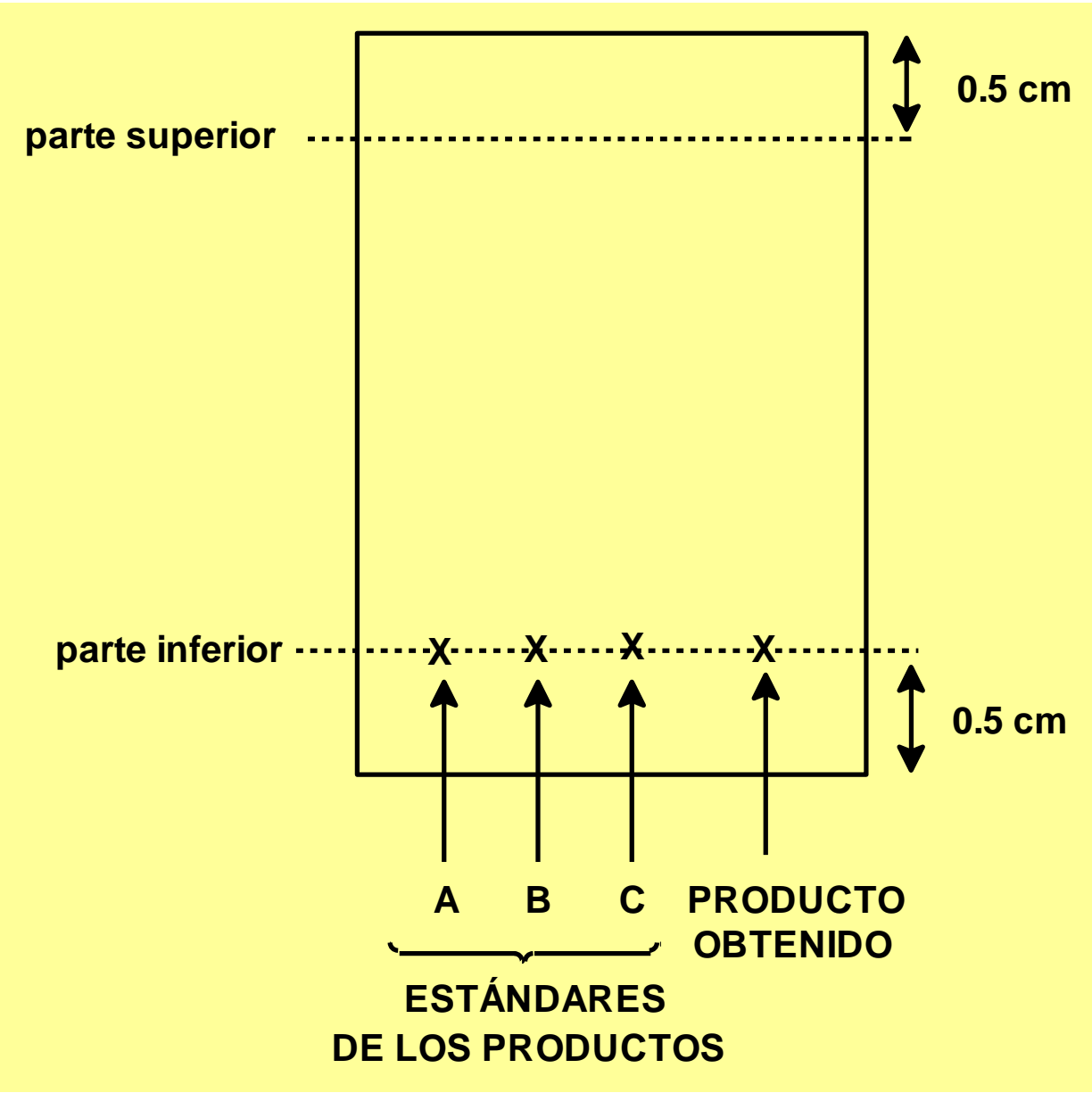
EXAMEN TEÓRICO

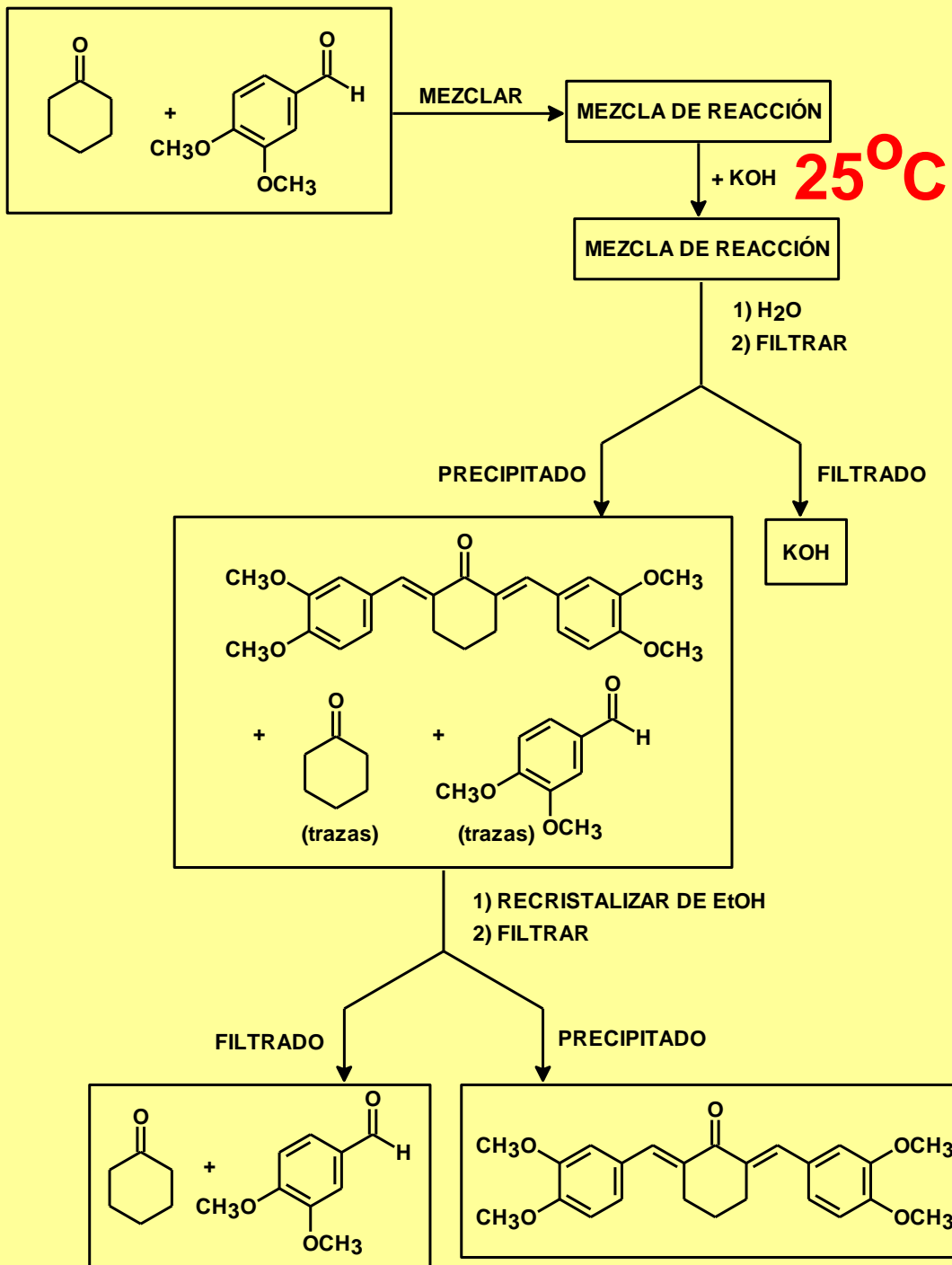
EXAMEN EXPERIMENTAL

PARTICIPARON 60 ALUMNOS









14ª. OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA

ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, A.C.

Comité Organizador Nacional

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SONORA

Departamento de Ciencias Químico Biológicas

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

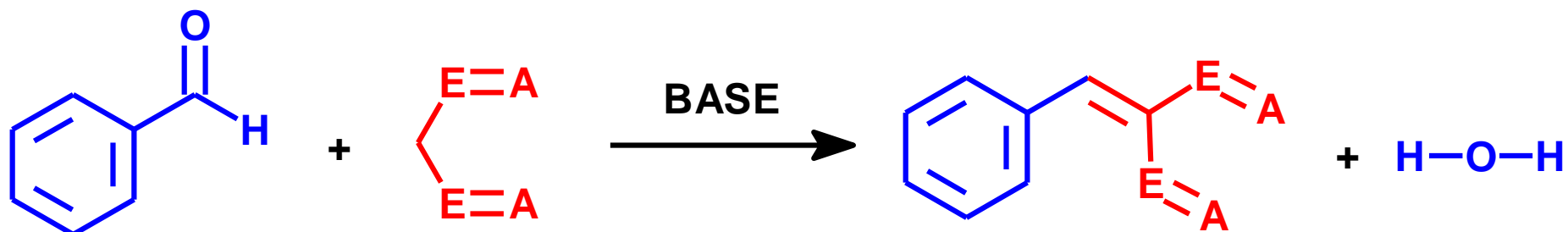
del 2 al 6 de marzo del 2005

EXAMEN DE QUÍMICA ORGÁNICA

OBJETIVOS

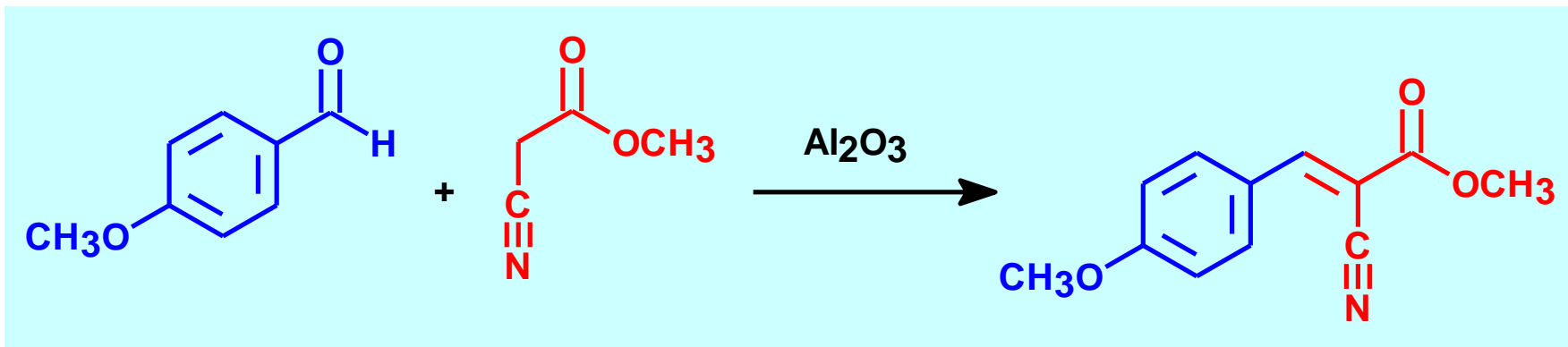


REACCIÓN DE KNOEVENAGEL



- Curzons, A. D., Constable, D.J.C., Mortimer, D.N., Cunningham, V.L., *Green Chemistry*, 2001, 3, 1-6.
- Texier-Boullet, F.; and Foucad, A. *Tetrahedron Letters*, 1982, 23, 4927-4928.

Experimento propuesto



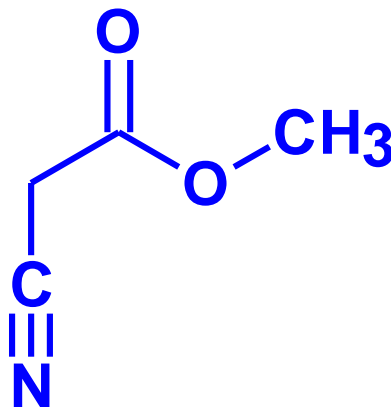
CONCURSO A NIVEL NACIONAL

EXAMEN TEÓRICO

EXAMEN EXPERIMENTAL

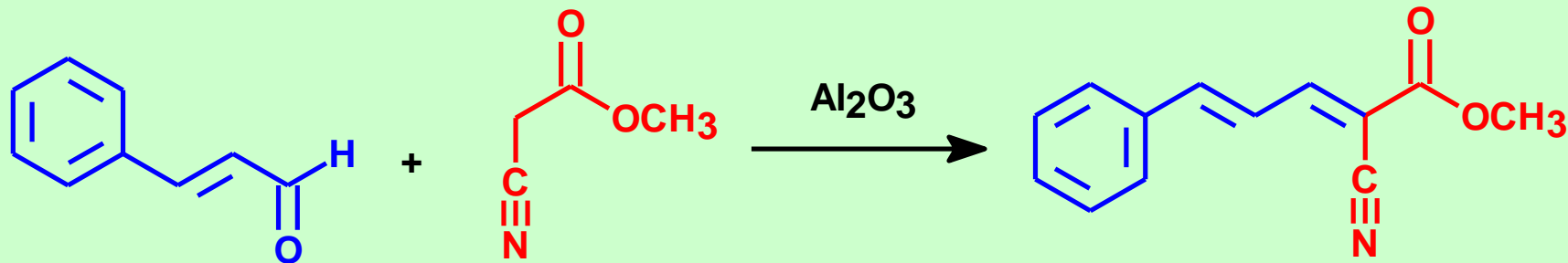
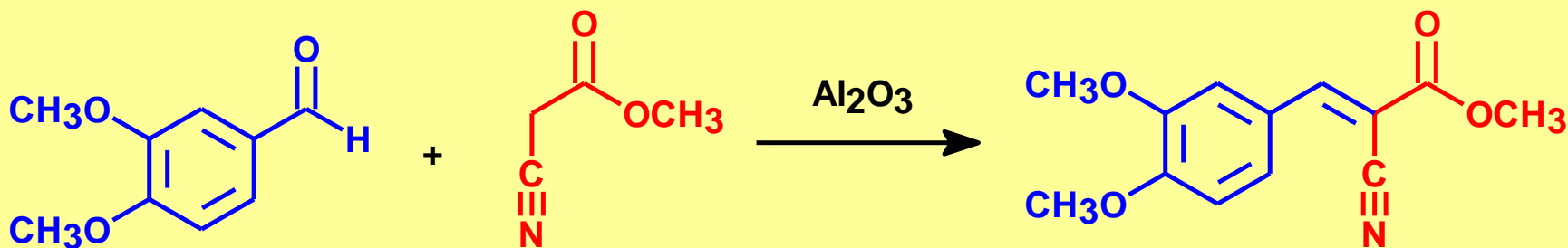
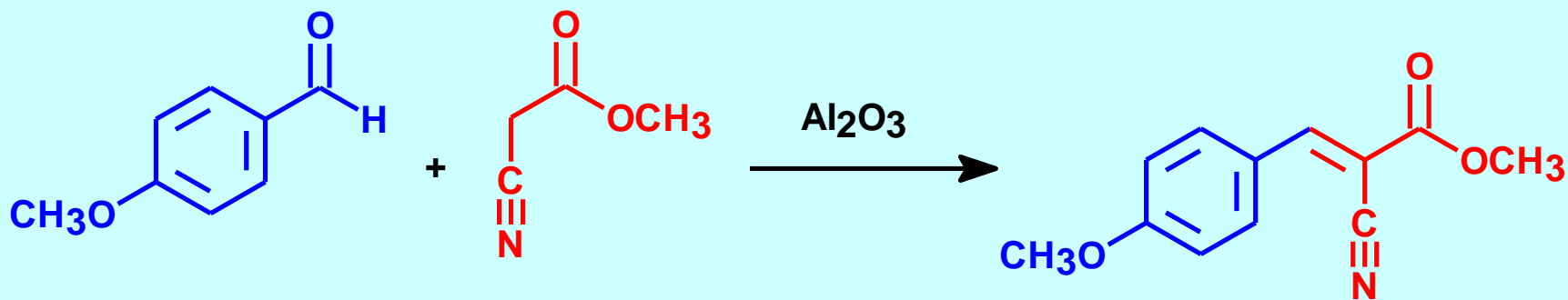
PARTICIPARON 60 ALUMNOS

LOS ALUMNOS SABÍAN QUE TENÍAN

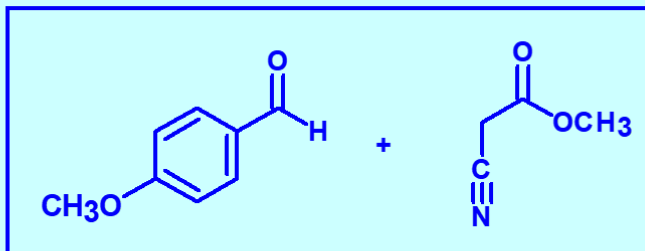


PERO DESCONOCÍAN QUE ALDEHÍDO TENÍAN

REACCIONES QUE SE EFECTUARON



PROCEDIMIENTO

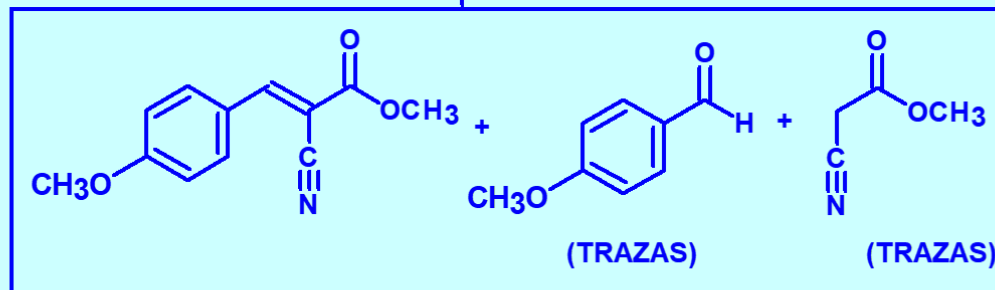


- 1) AGITAR.
- 2) ADICIONAR Al_2O_3 .
- 3) AGITAR 3 MIN.
- 4) $\text{EtOH } \Delta$.
- 5) FILTRAR.

25 °C

SÓLIDO

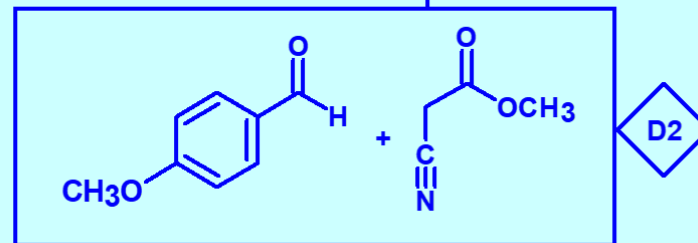
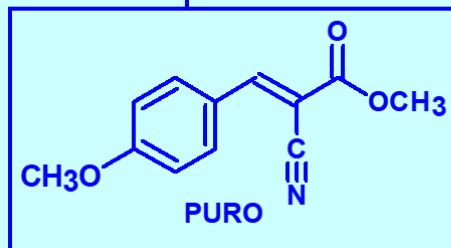
FILTRADO



- 1) CONCENTRAR.
- 2) ENFRIAR
- 3) DEJAR REPOSAR.
- 4) FILTRAR.

SÓLIDO

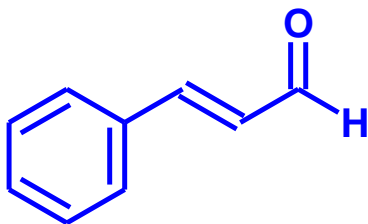
FILTRADO



RESULTADOS.

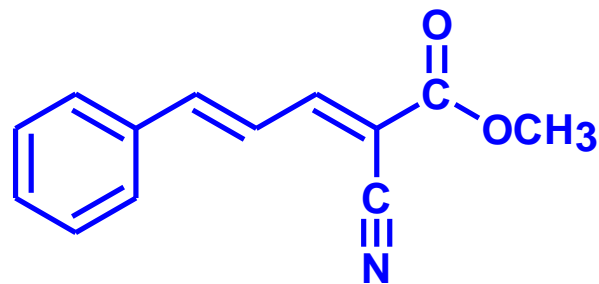
Rendimientos alrededor del 70%.

➤ Caracterización: RMN (^1H y ^{13}C).



I

CINAMALDEHÍDO

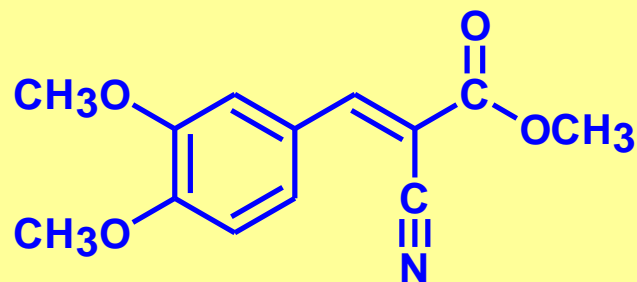
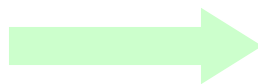


63.65 % RF = 0.46

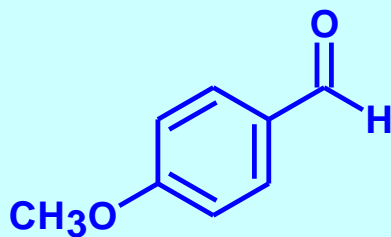


II

3,4-DIMETOXIBENZALDEHÍDO

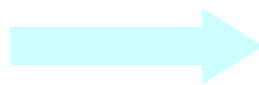


65.86 % RF = 0.18



III

4-METOXIBENZALDEHÍDO.



53.56 % RF = 0.34

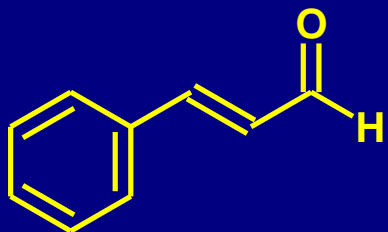
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

➤ **Caracterización del producto obtenido:**

- ✓ C.C.F (R_F)
- ✓ Comparación de R_F de los tres productos posibles.

No se determinó p.f

RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS ALUMNOS



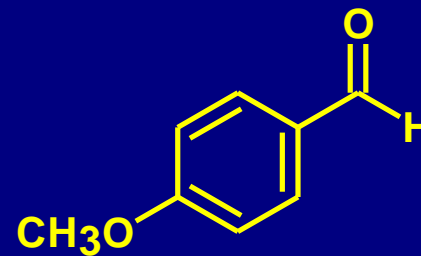
I

CINAMALDEHÍDO



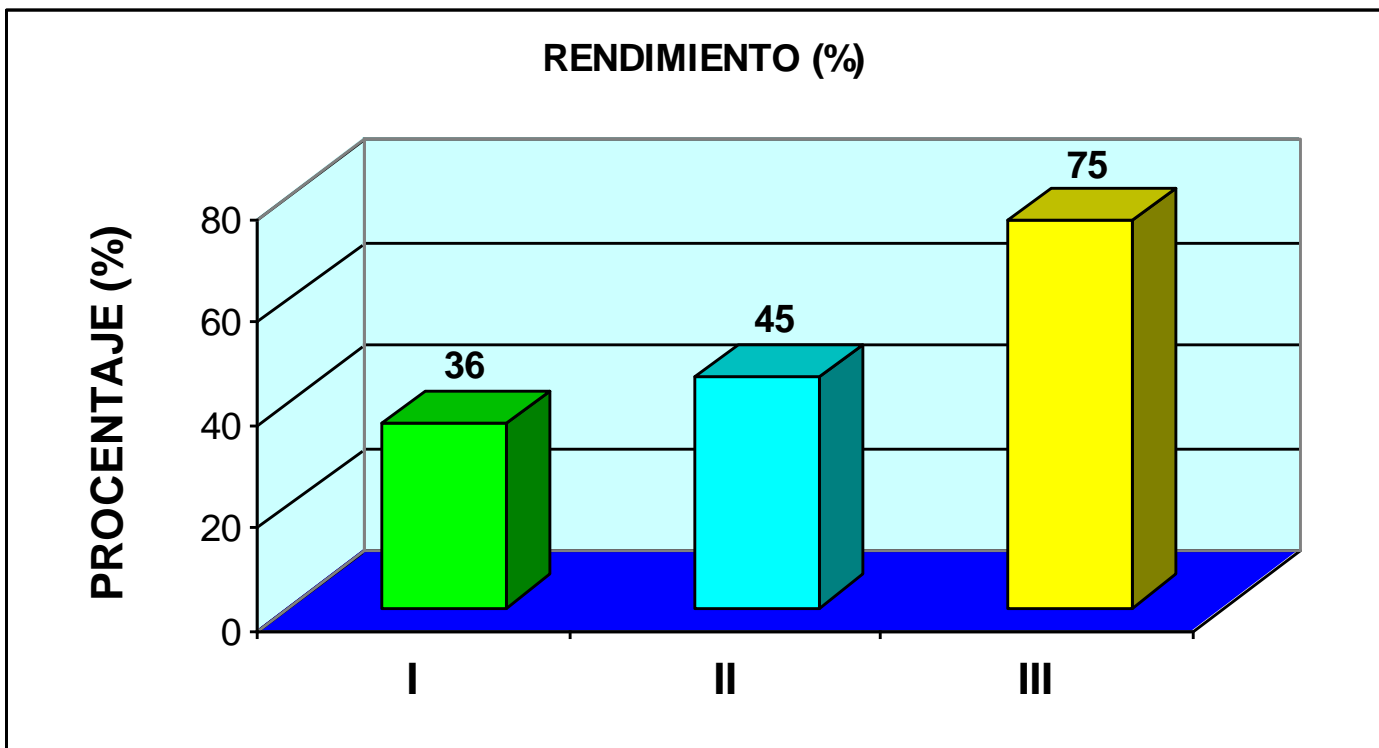
II

3,4-DIMETOXIBENZALDEHÍDO



III

4-METOXIBENZALDEHÍDO.



16^a. OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA

ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, A.C.

Comité Organizador Nacional

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, FACULTAD DE
QUÍMICA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

DEL 18 AL 22 DE FEBRERO DEL 2007.

EXAMEN TEÓRICO

EXAMEN EXPERIMENTAL

PARTICIPARON 60 ALUMNOS

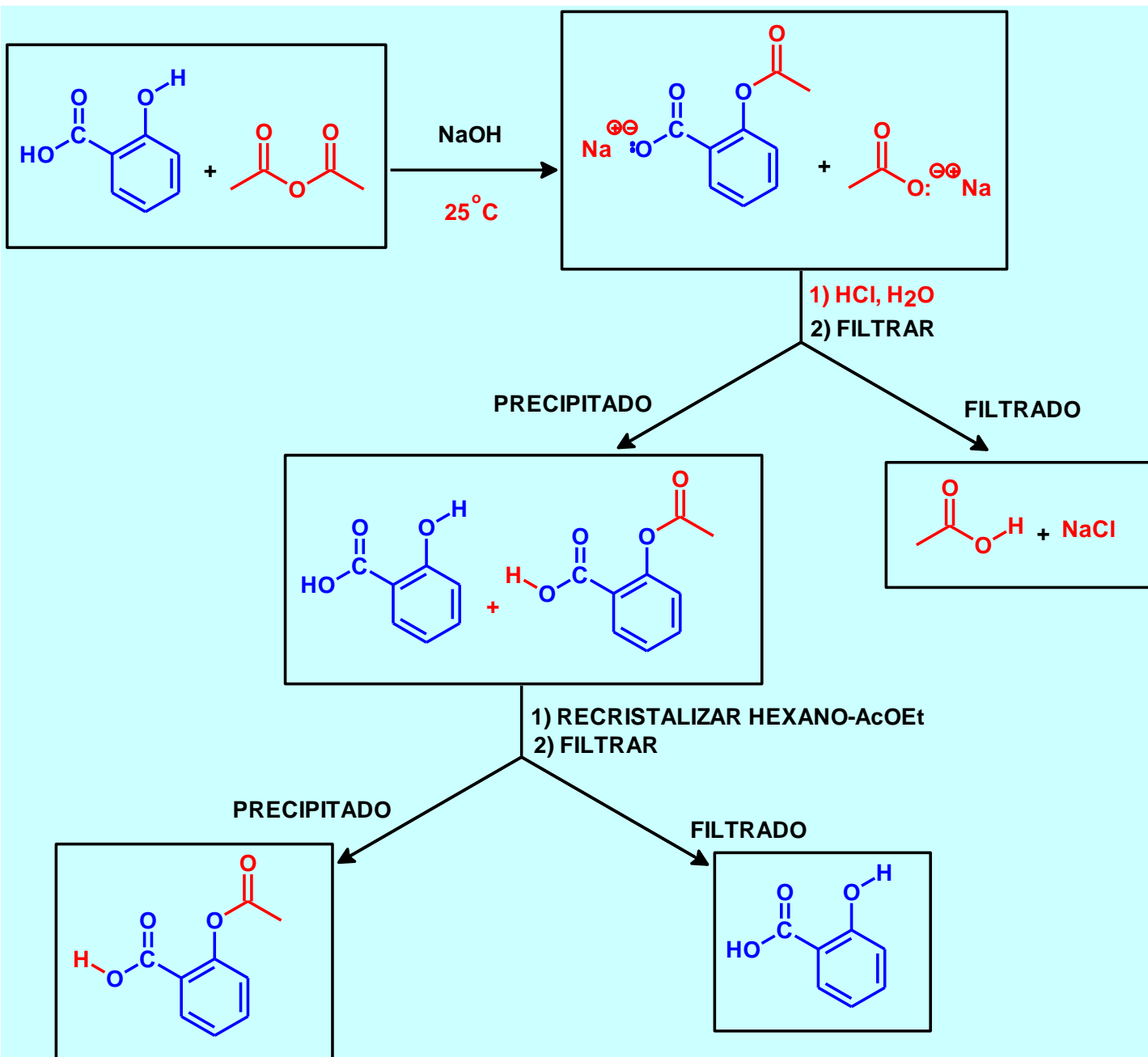
EXAMEN DE QUÍMICA ORGÁNICA

OBJETIVOS

- Ilustrar cómo se puede efectuar una reacción de acilación sin utilizar disolventes, empleando una técnica de Química Verde

- Llevar a cabo la reacción a nivel microescala

PROCEDIMIENTO





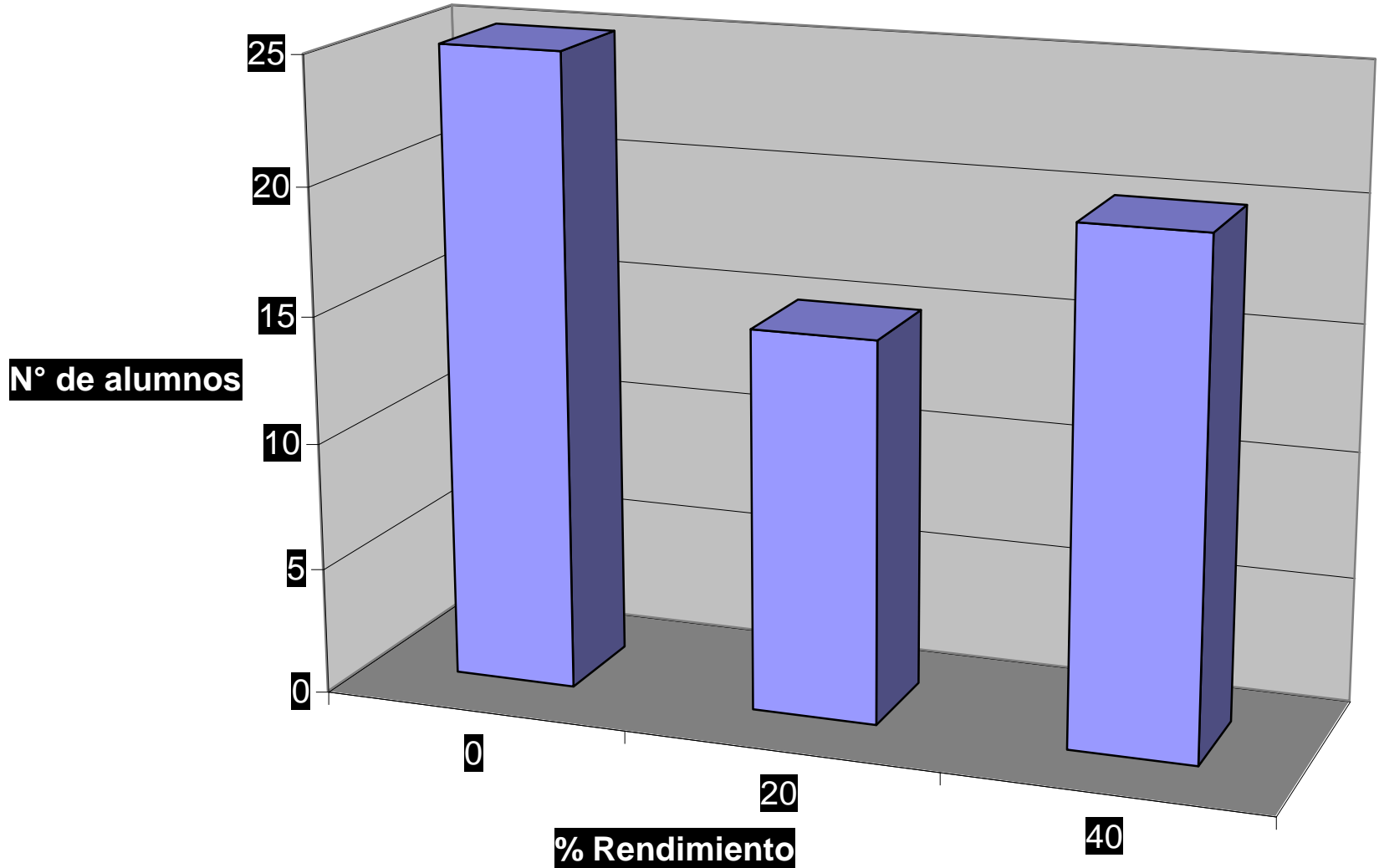






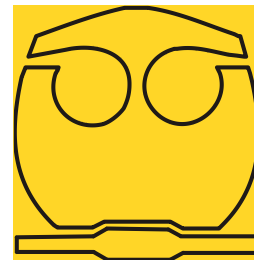
RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS ALUMNOS

Rendimiento



DOCENCIA

Facultad de Química



**COMPUESTOS ORGÁNICOS HETEROCÍCLICOS
(1735) EN LIQUIDACIÓN
CARRERA DE QUÍMICA**

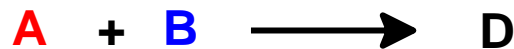
Ventajas de prescindir del disolvente

Química sin disolventes

➤ Mayor reactividad



**Concentración
máxima de reactivos**



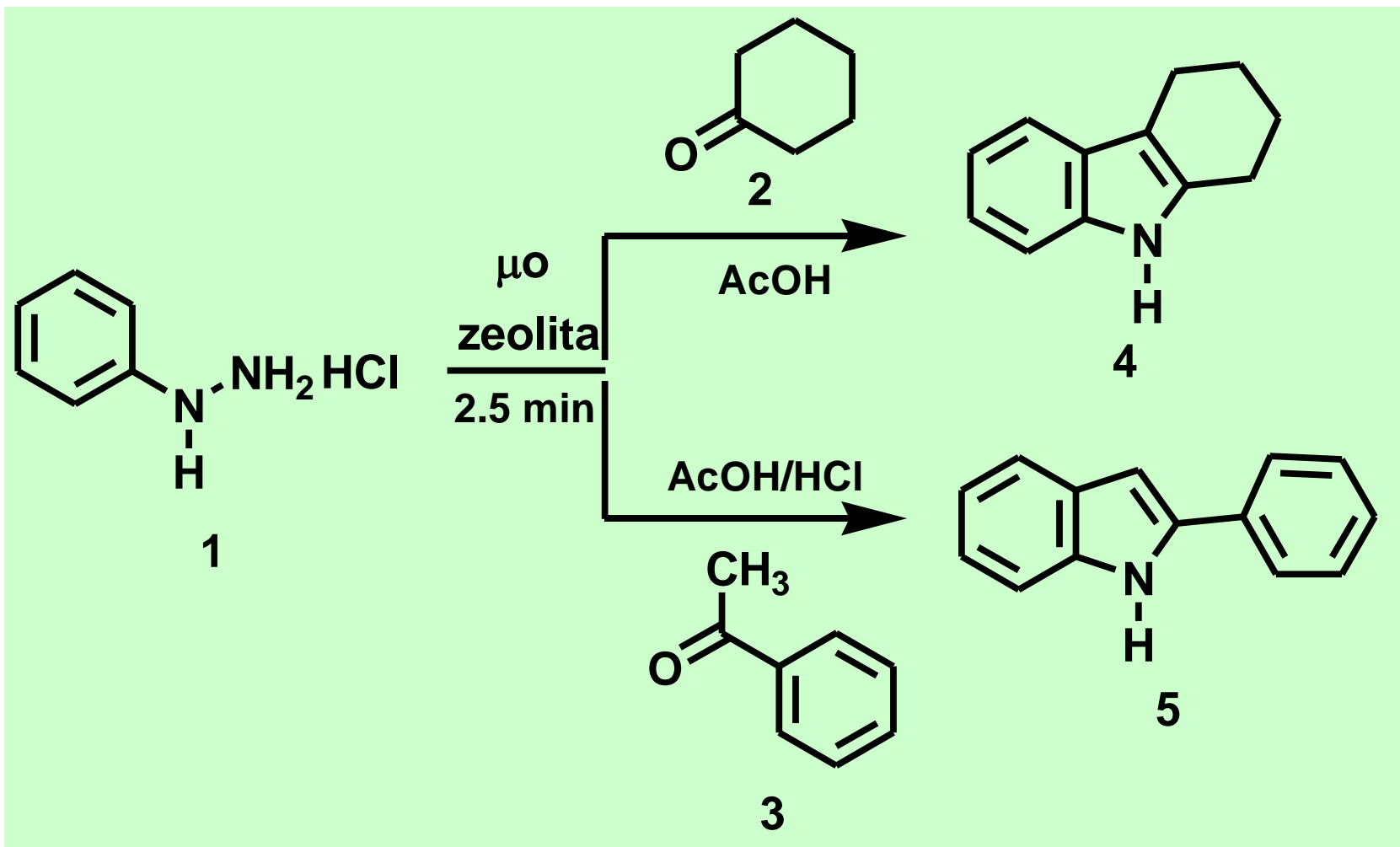
Cinética de la reacción

$$k = K [A][B]$$

Posibilidad de emplear la activación por microondas

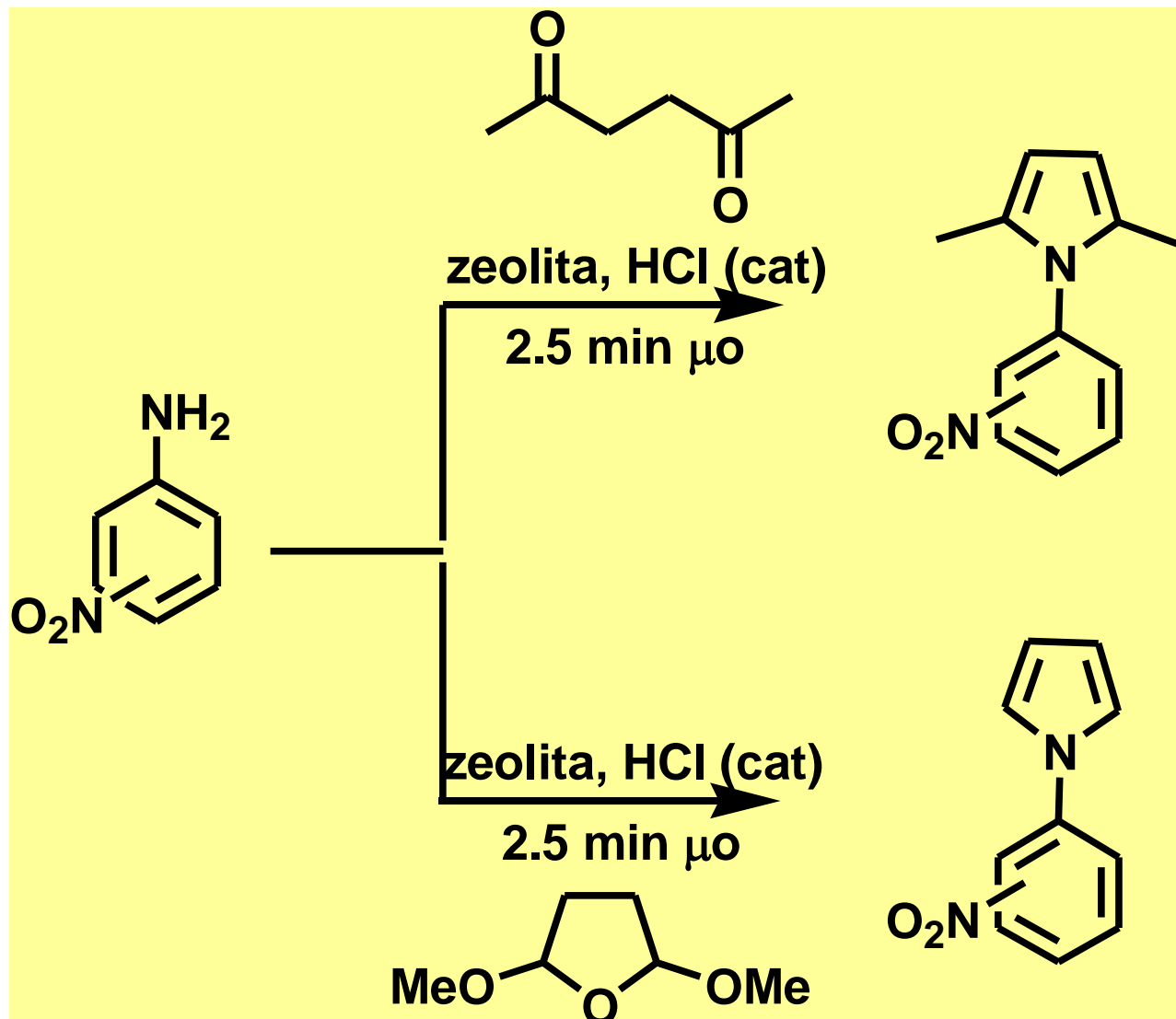
Zeolita HZSM-5 ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 40$)

Síntesis de indoles de Fischer en microondas



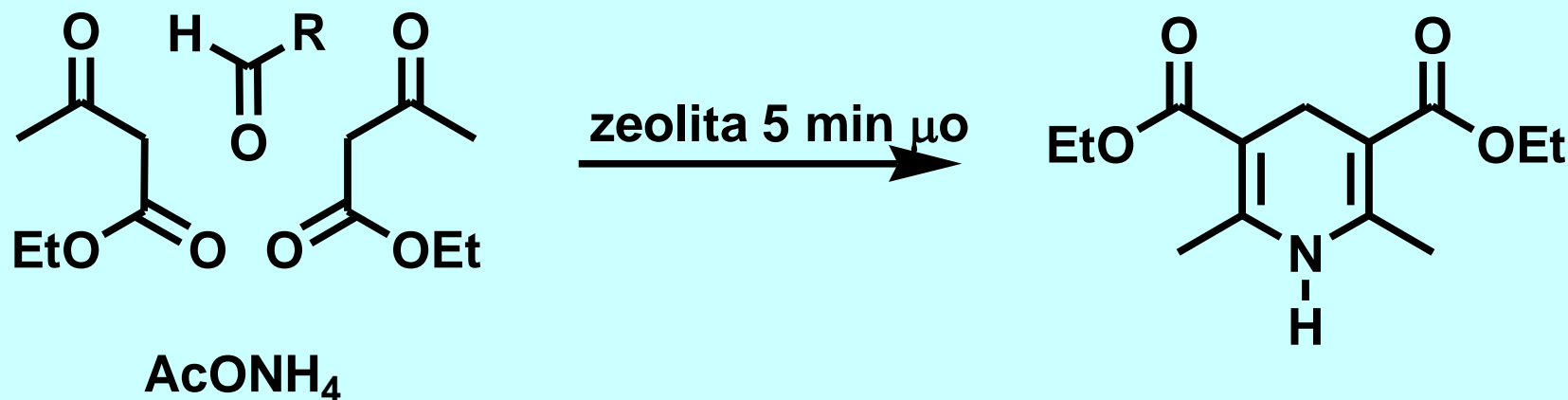
| Indol | p.f. (° C) | Rendimiento % |
|--------------------------------|------------|------------------|
| 1,2,3,4- tetrahidrocarbazol | 118-120 | 93 |
| 2-fenilindol | 187-189 | 88 |

Síntesis de Paal-Knorr en microondas



| Pirrol | p.f. (° C) | Rendimiento % |
|------------------------------------|------------|---------------|
| 2,5-dimetil-1-(4-nitrofenil)pirrol | 148-150 | 93 |
| 2,5-dimetil-1-(3-nitrofenil)pirrol | 84-85 | 88 |
| 1-(4-nitrofenil)pirrol | 180-182 | 83 |
| 1-(3-nitrofenil)pirrol | 72-74 | 75 |

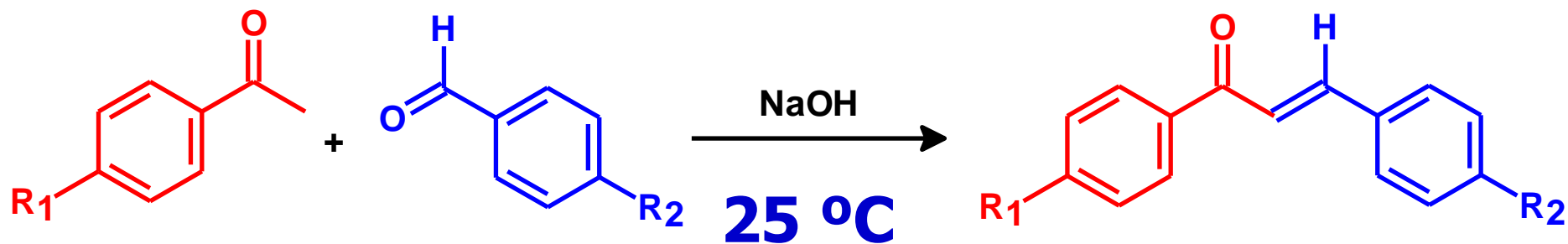
Síntesis de Hantzsch por microondas



1,4-DIHIDROPIRIDINAS OBTENIDAS

| Aldehído | Rendimiento % |
|----------------------------|--------------------------|
| Formaldehído | 89 |
| Benzaldehído | 78 |
| m-Nitrobenzaldehído | 75 |

OBTENCIÓN DE CHALCONAS

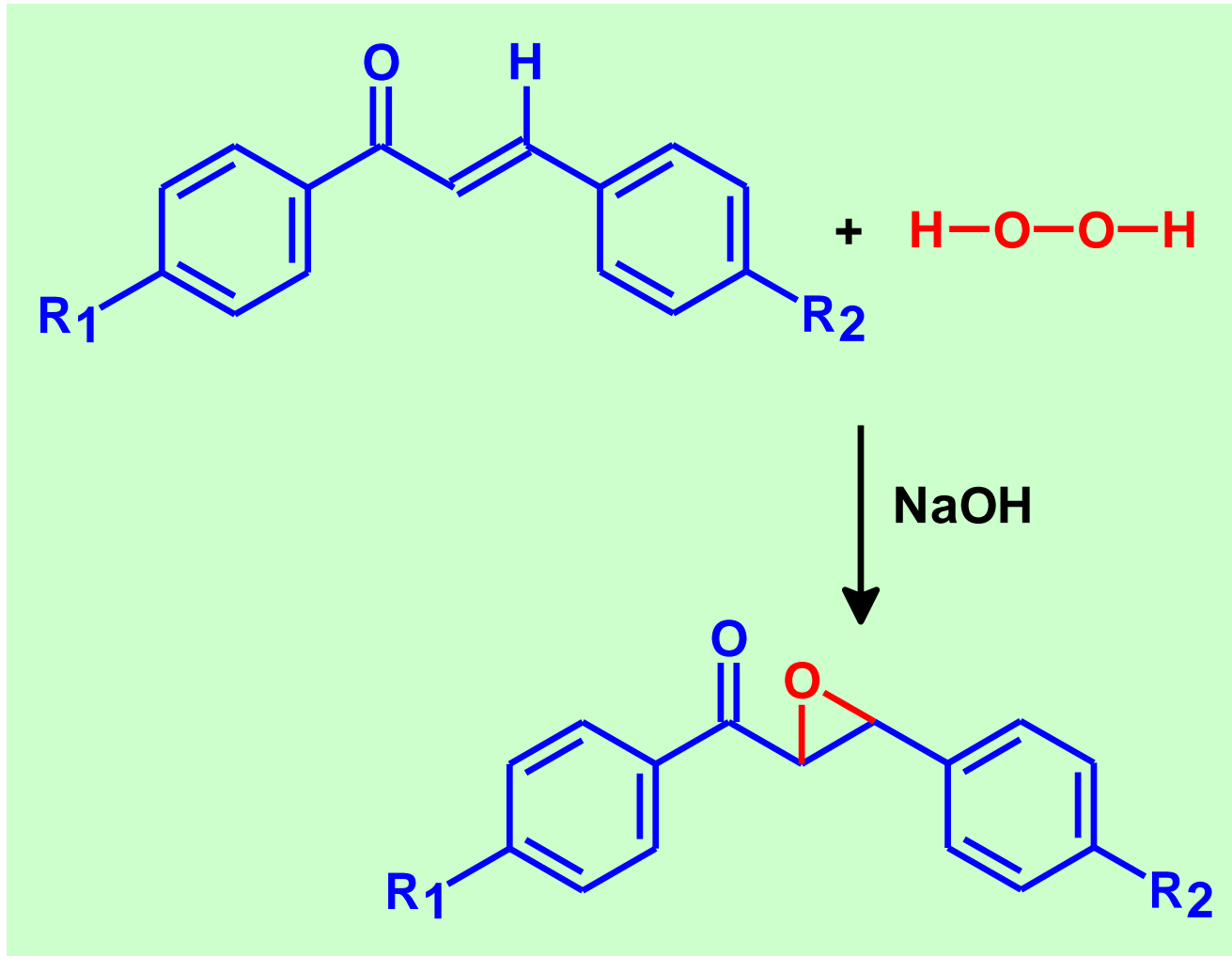


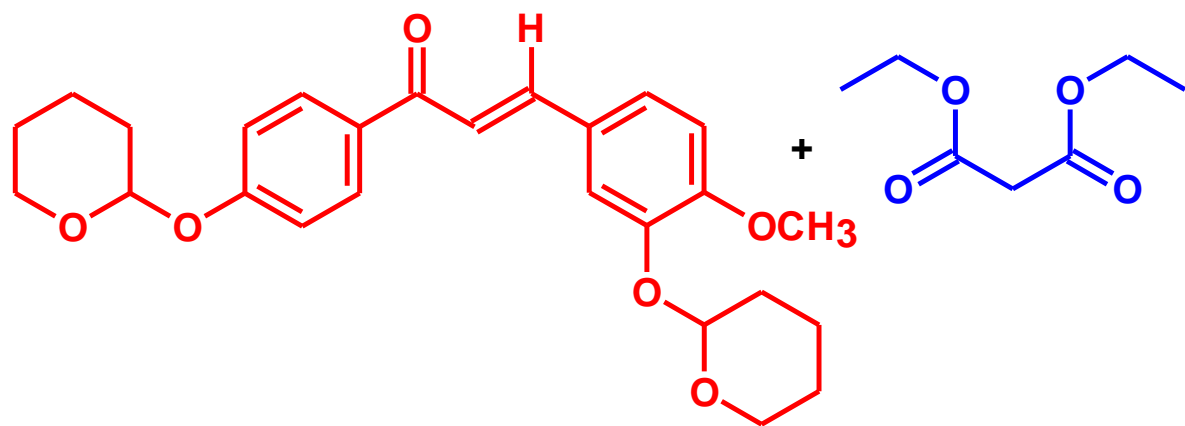
$R_1 = \text{H}, -\text{OCH}_3, -\text{NO}_2, -\text{NH}_2$

$R_2 = \text{H}, -\text{OCH}_3, -\text{NO}_2, -\text{NH}_2$

| Aldehido | Acetofenona | p. f. (°C) | Rendimiento (%) |
|-------------------|-------------------|------------|-----------------|
| R ₁ | R ₂ | | |
| -H | -NO ₂ | 144-145 | 61 |
| -H | -H | 54-56 | 70 |
| -H | -OCH ₃ | 102-103 | 85 |
| -H | -NH ₂ | 89-90 | 90 |
| -OCH ₃ | -NO ₂ | 170-171 | 79 |
| -OCH ₃ | -H | | 60 |
| -OCH ₃ | -OCH ₃ | 93-95 | 51 |
| -OCH ₃ | -NH ₂ | 112-114 | 77 |
| -NO ₂ | -NO ₂ | 208-209 | 55 |
| -NO ₂ | -H | 160-163 | 57 |
| -NO ₂ | -OCH ₃ | 169-170 | 56 |
| -NO ₂ | -NH ₂ | 134-136 | 53 |

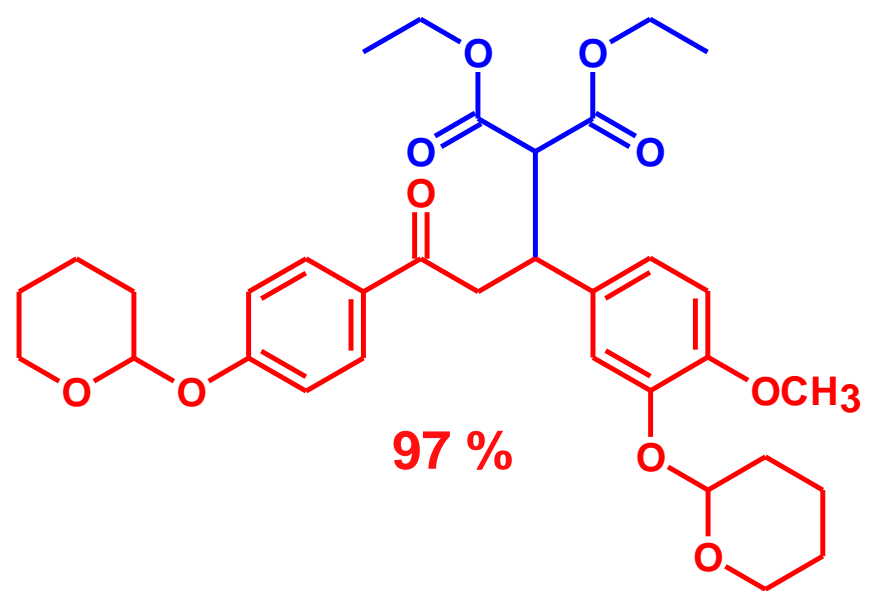
USO DE LAS CHALCONAS





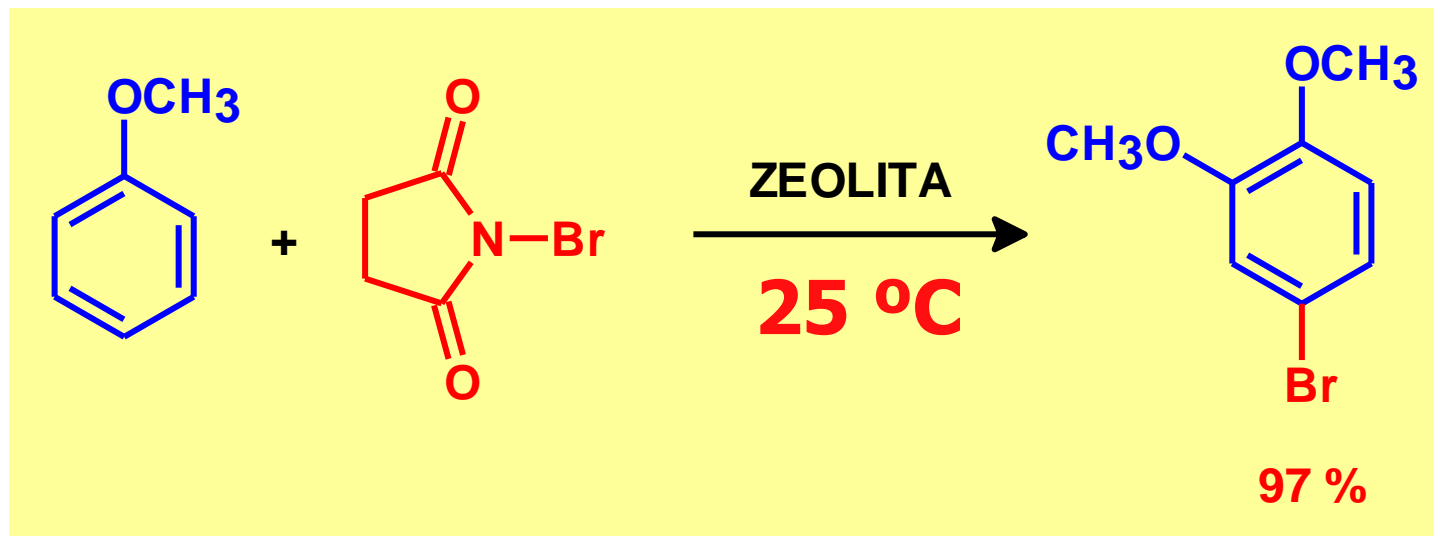
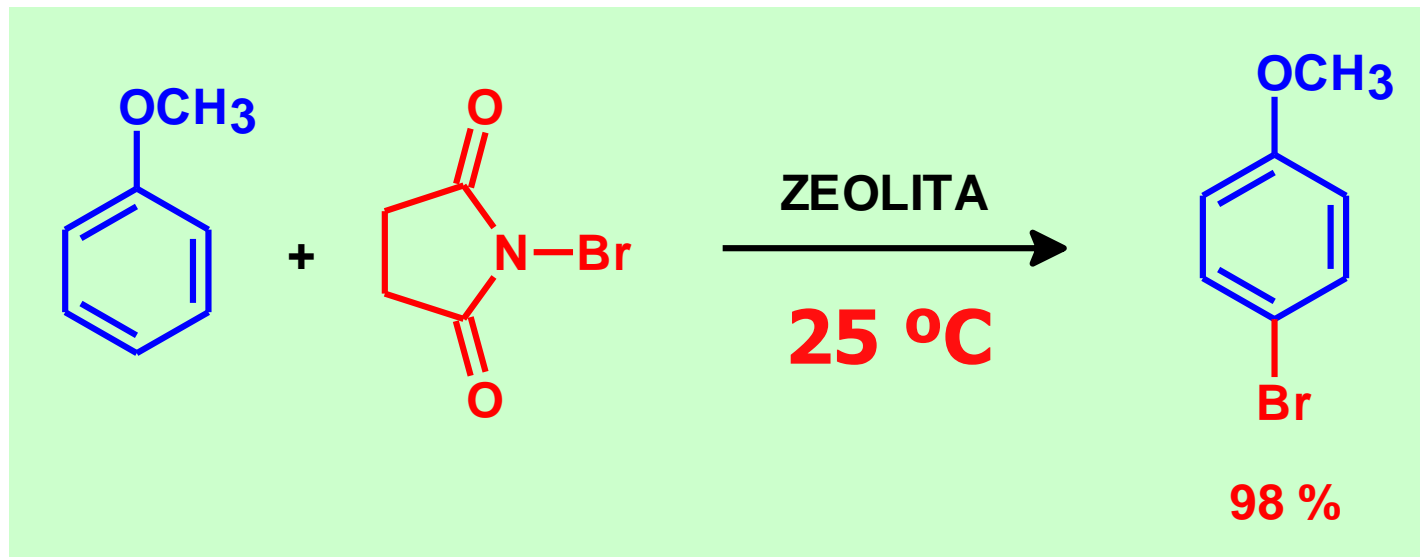
+

KOH

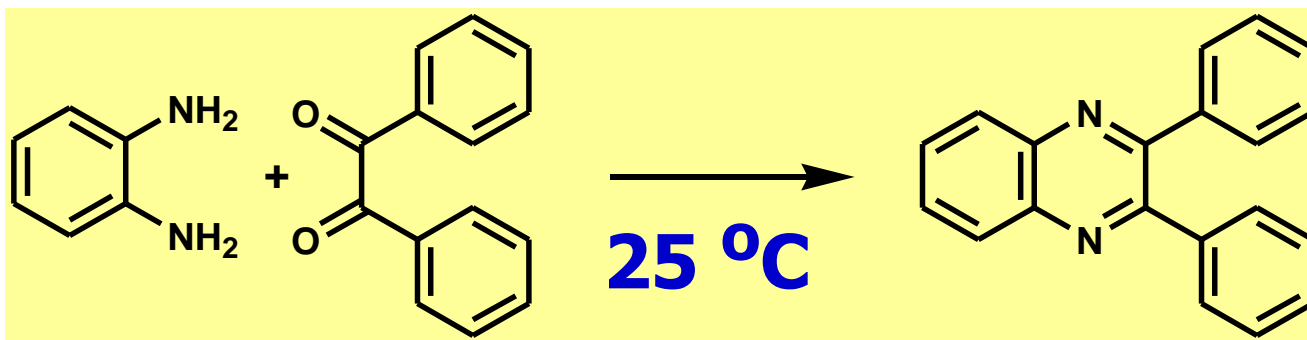


97 %

REACCIONES DE S_EA



Síntesis de quinoxalinas



● **CONCLUSIONES.**

- Se han utilizado procesos de Química verde, tanto a nivel docencia como de investigación
- Se han efectuado diferentes reacciones a temperatura ambiente:
 - con catálisis básica directa
 - utilizando zeolita
 - utilizando zeolita y microondas