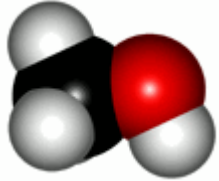
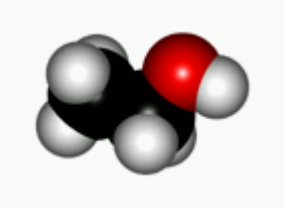
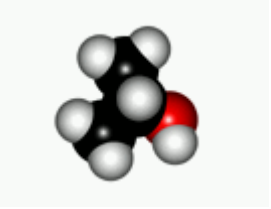
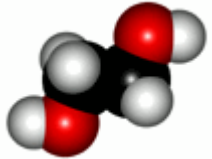


# UNIDAD 5

ALCOHOLES, FENOLES Y ÉTERES

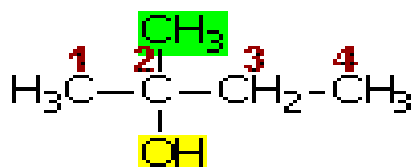
$\text{CH}_3\text{OH}$ Metanol		<p>Se denomina alcohol de madera porque se obtiene de ella por destilación seca. Se utiliza como disolvente para pinturas y como combustible. Es muy venenoso y produce ceguera cuando se ingieren o inhalan pequeñas cantidades. Una dosis de 30 mL resulta letal. Metabólicamente se transforma en formaldehído y ácido fórmico que impide el transporte de oxígeno en la sangre.</p>
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ Etanol		<p>Se obtiene por fermentación de carbohidratos (azúcares y almidón). La fermentación se inhibe al producirse un 15% de alcohol. Para conseguir licores es necesaria la destilación (forma un azeótropo con el agua de composición 95:5 alcohol/agua). Para evitar el consumo se adicionan sustancias desnaturalizadoras. Es muy venenoso y produce la muerte a concentraciones superiores al 0.4% en sangre. Se metaboliza en el hígado a razón de 10 mL/hora. Se utiliza como antídoto contra el envenenamiento por metanol o etilenglicol.</p>
$\begin{array}{l} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} \text{CHOH}$ Alcohol isopropílico		<p>Se mezcla con agua y todos los disolventes orgánicos. Se emplea como antihielo, disolvente, limpiador, deshidratante, agente de extracción, intermedio de síntesis y antiséptico. Es un producto tóxico por vía oral, inhalación o ingestión.</p>
$\begin{array}{l} \text{CH}_2\text{-OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array}$ Etilenglicol	 <p>Enlace de hidrógeno intramolecular en verde</p>	<p>Recibió el nombre de glicol porque Wurtz, que lo descubrió en 1855, notó un cierto sabor dulce. Se utiliza como disolvente, anticongelante, fluido hidráulico, intermedio de síntesis de explosivos, plastificantes, resinas, fibras y ceras sintéticas. Es tóxico por ingestión.</p>

# Nomenclatura de alcoholes

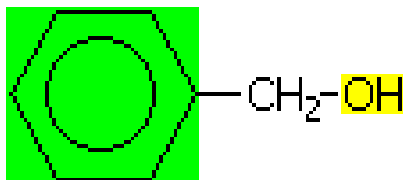
## IUPAC

*Recordando*

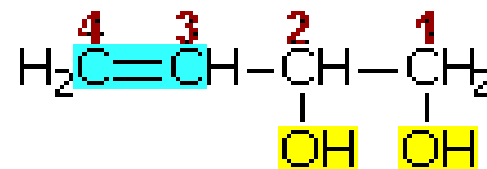
- ✓ Cadena más larga con el grupo -OH
- ✓ Reemplazar terminación -ano del alcano por -ol
- ✓ Numerar la cadena por el extremo más cercano al -OH



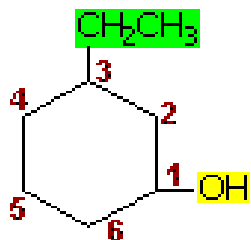
2-metil-2-butanol



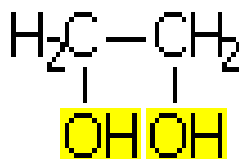
fenilmetanol



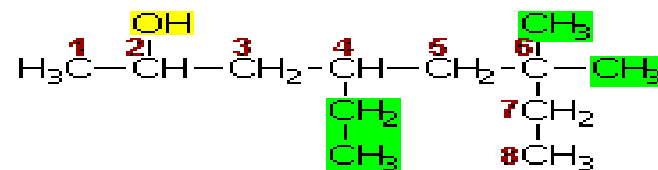
3-Buten-1,2-diol



3-etilciclohexanol



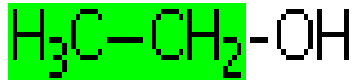
1,2-Etanodiol



4-etil-6,6-dimetil-2-octanol

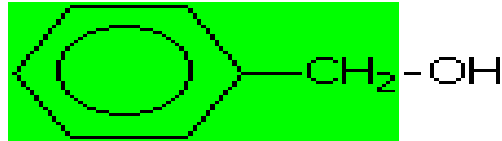
# Nomenclatura común de Alcoholes

Alcohol + Nombre del grupo alquílico



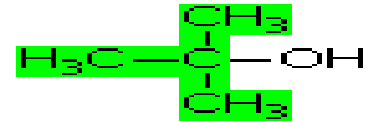
Radical **Etil**

Alcohol **etílico**



Radical **Bencil**

Alcohol **bencílico**

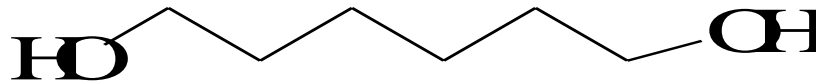


Radical **Terc-butil**

Alcohol **t-butílico**

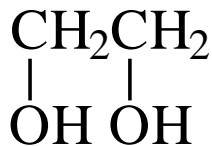
## Nomenclatura de alcoholes polihidroxiados

Dioles

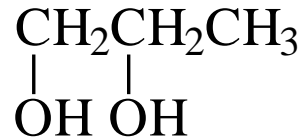


**1,6-hexanodiol**

Glicoles: 1,2 dioles (dioles vecinales)

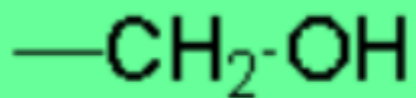


**1,2-etanodiol**  
**etilénglicol**

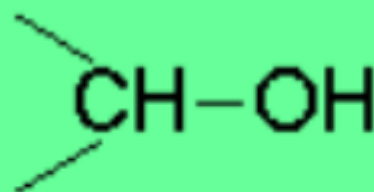


**1,2-propanodiol**  
**propilénglicol**

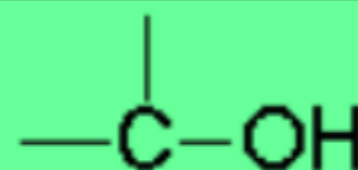
# Clasificación



Primario



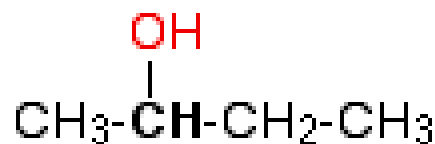
Secundario



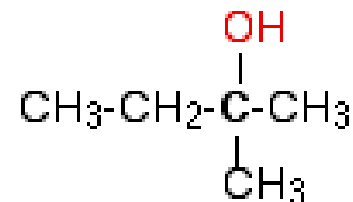
Terciario



**Etanol**



**2-butanol**

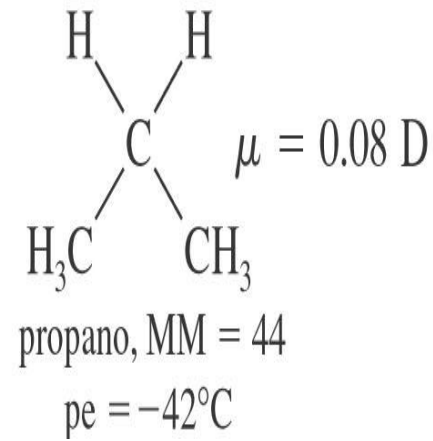
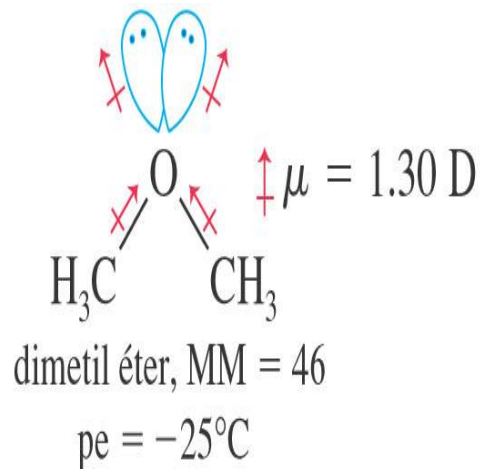
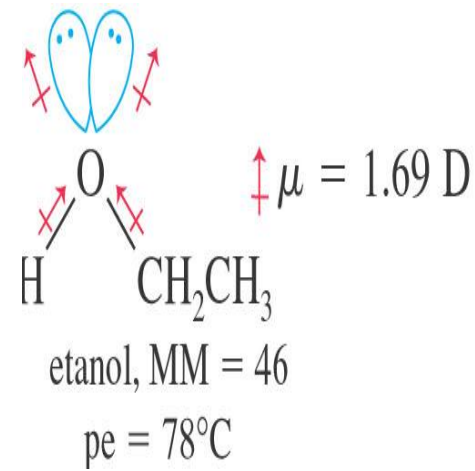


**2-metil-2-butanol**

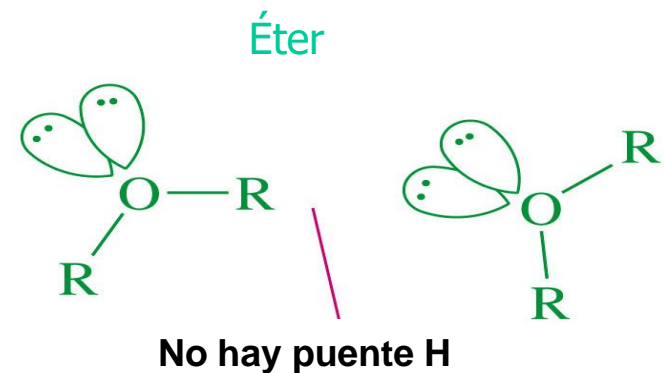
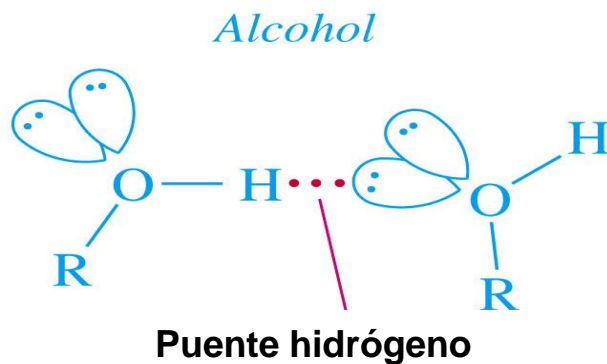
# Propiedades Físicas de alcoholes

## Puntos de Ebullición

- Normalmente son altos debido a los puentes de hidrógeno
- Por esto se denominan **líquidos asociados**

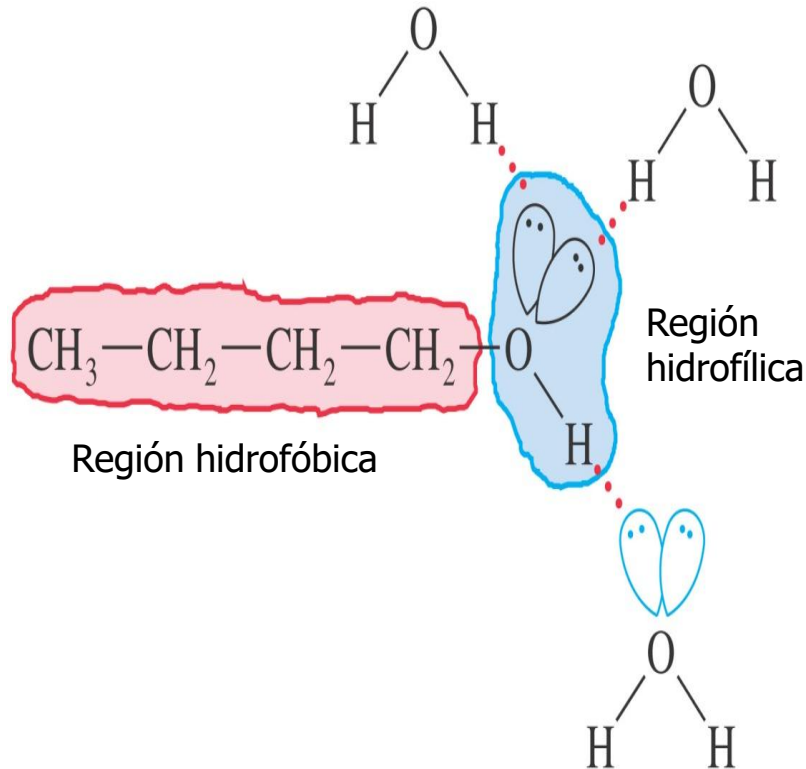


MM = masa molecular



# Solubilidad en agua

- Disminuye al aumentar el tamaño del grupo alquílico



## SOLUBILIDAD DE ALCOHOL EN AGUA (a 25°C)

Alcohol	Solubilidad en agua
metílico	miscible
etílico	miscible
n-propílico	miscible
t-butílico	miscible
isobutílico	10%
n-butílico	9,1%
n-pentílico	2,7%
ciclohexílico	3,6%
n-hexílico	0,6%
fenol	9,3%
1,6-hexanodiol	miscible

# Propiedades físicas de alcoholes

Compuesto	IUPAC	Común	p.f. (°C)	p.eb. (°C)	solub. en agua
CH <sub>3</sub> OH	Metanol	Alcohol metílico	-97.8	65.0	Infinita
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Etanol	Alcohol etílico	-114.7	78.5	Infinita
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OH	1-Propanol	Alcohol propílico	-126.5	97.4	Infinita
CH <sub>3</sub> CHOHCH <sub>3</sub>	2-Propanol	Isopropanol	-89.5	82.4	Infinita
CH <sub>3</sub> CHClCH <sub>3</sub>	2-Cloro- propano	Cloruro de isopropilo	-117.2	35.7	3.1 g/L
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Propano		-187.7	-42.1	0.038 g/L
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH	1-Butanol	Alcohol butílico	-89.5	117.3	80 g/L
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> COH	2-Metil-2- propanol	Alcohol <i>terc</i> -butílico	25.5	82.2	Infinita
CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> OH	1-Pentanol	Alcohol pentílico	-79	138	22 g/L
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CCH <sub>2</sub> OH	2,2-Dimetil- 1-propanol	Alcohol neopentílico	53	114	Infinita

Los alcoholes monohidroxilados, son menos densos que el agua, mientras que los polihidroxilados presentan mayor densidad



## PREPARACIÓN DE ALCOHOLES

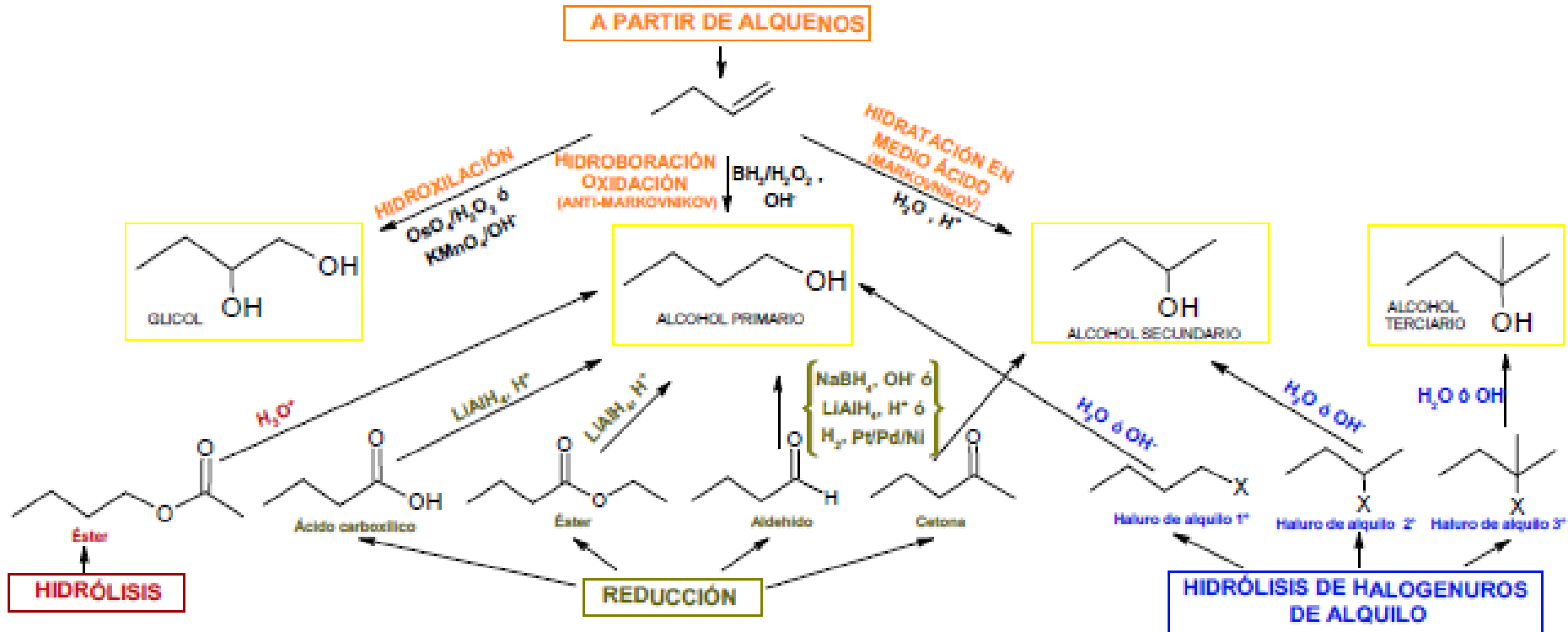
Los alcoholes pueden prepararse siguiendo tres métodos principales:

Sustitución nucleófila

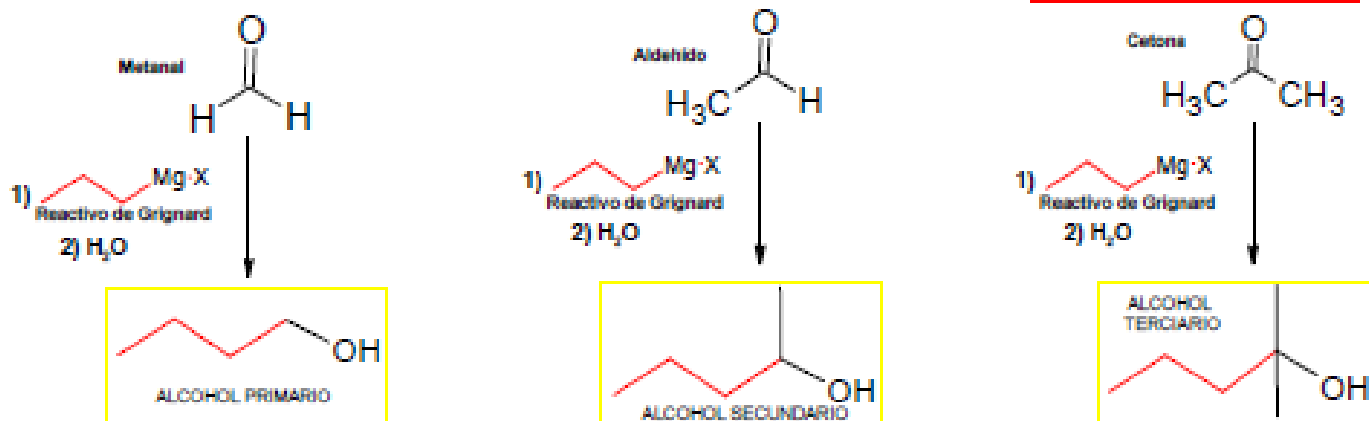
Reducción de compuestos carbonílicos

Adición de compuestos organometálicos a aldehídos y cetonas

**PREPARACIÓN DE ALCOHOLES: \* CON MANTENIMIENTO DEL ESQUELETO HIDROCARBONADO**

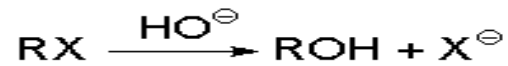


**PREPARACIÓN DE ALCOHOLES: \* CON MODIFICACIÓN DEL ESQUELETO HIDROCARBONADO: SÍNTESIS DE GRIGNARD**



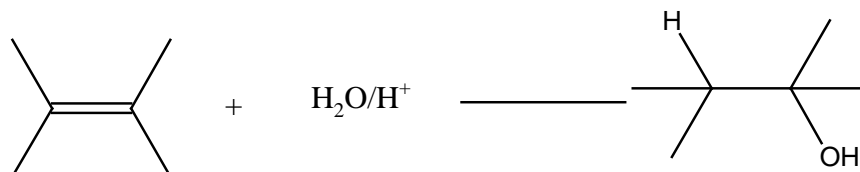
# Preparación en el Laboratorio

## 1. Hidrólisis de halogenuros de alquilo (Sustitución nucleofílica)

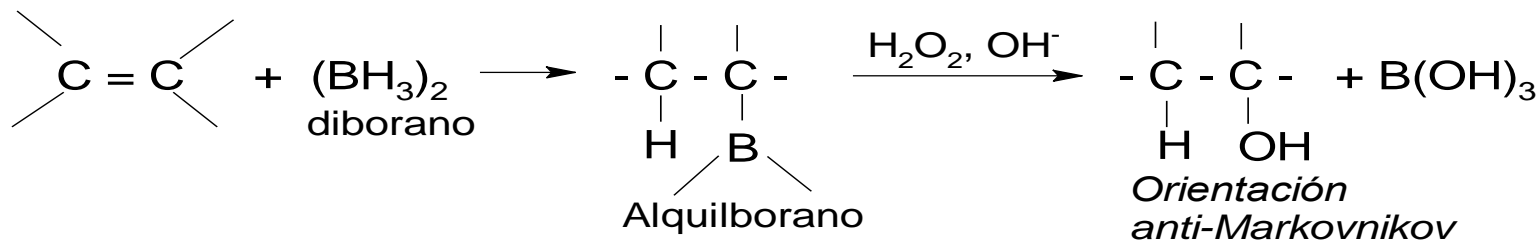


## 2. A partir de alquenos

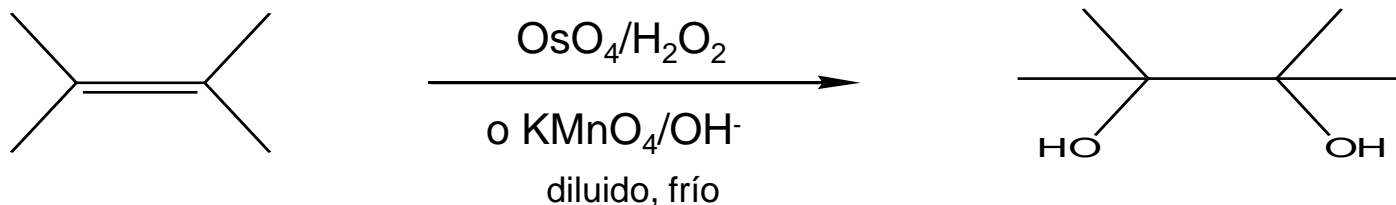
### a) Hidratación en medio ácido



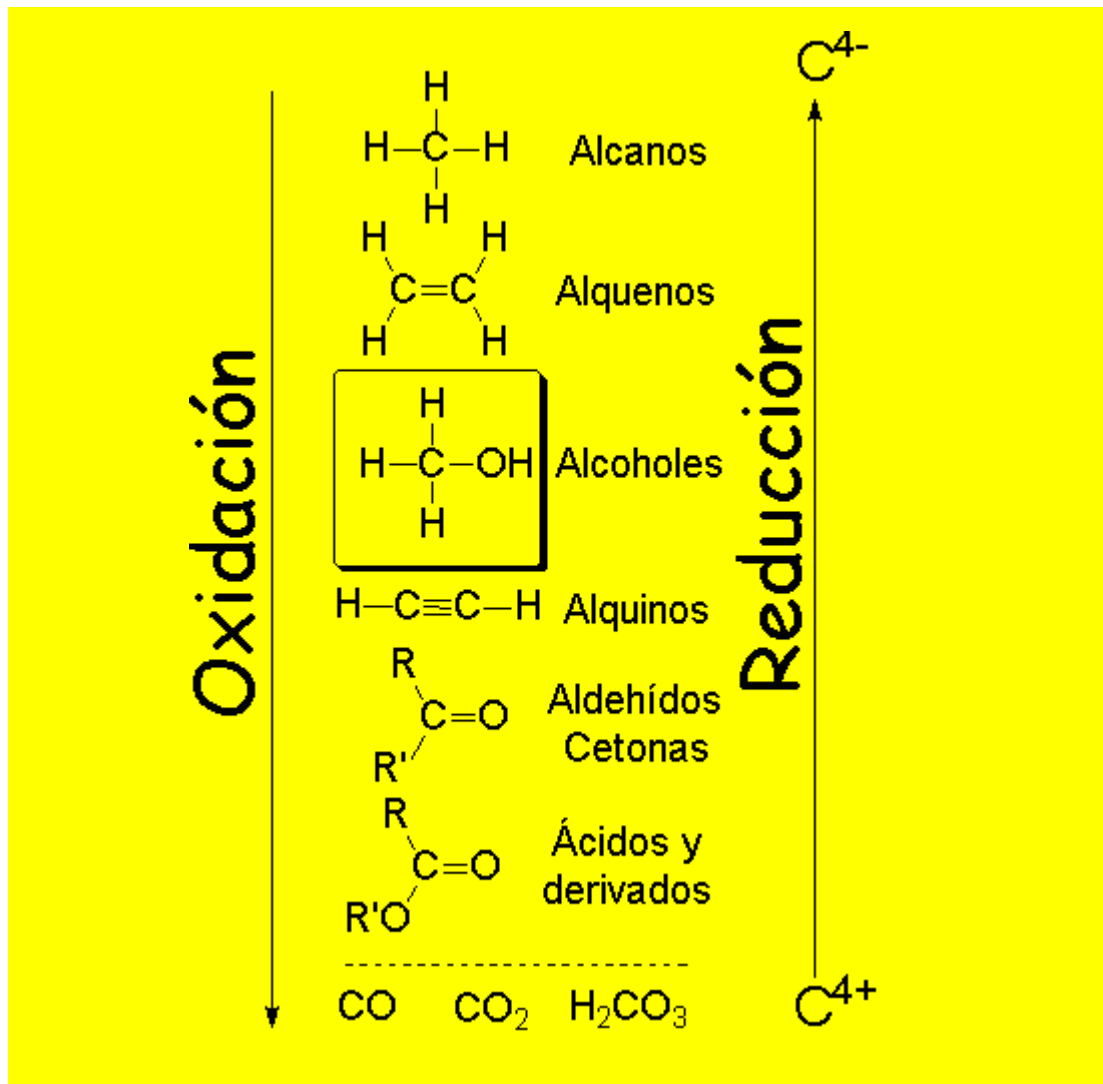
### b) Hidroboración-Oxidación



### c) Hidroxilación (Formación de glicoles)



### 3. Reducción de compuestos carbonílicos



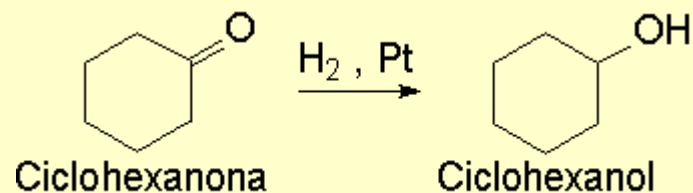
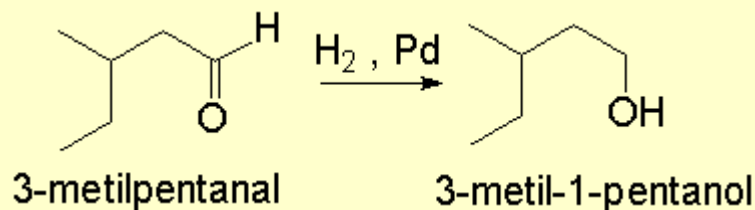
En los diferentes compuestos orgánicos el carbono posee un estado de oxidación diferente.

Por tanto, puede pensarse que unas funciones orgánicas pueden obtenerse de otras por oxidación o reducción.

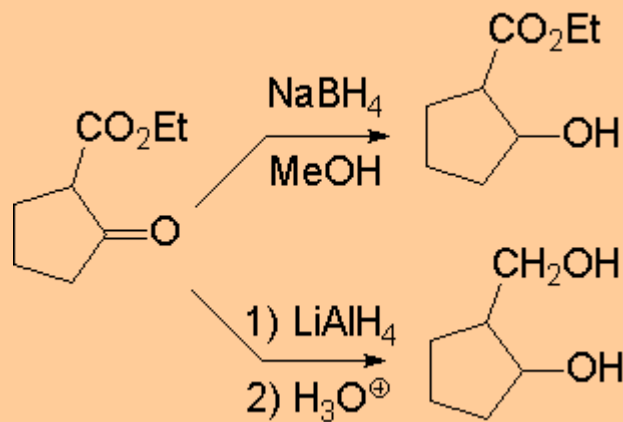
Dependiendo de dónde nos encontremos en el "árbol redox" y a dónde queramos ir utilizaremos una u otra.

La reducción de aldehídos y cetonas puede llevarse a cabo de dos maneras distintas:

## Hidrogenación catalítica

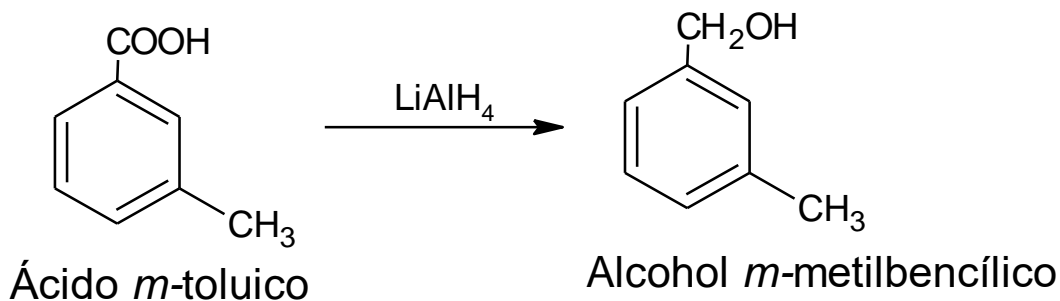


## Reducción con hidruros

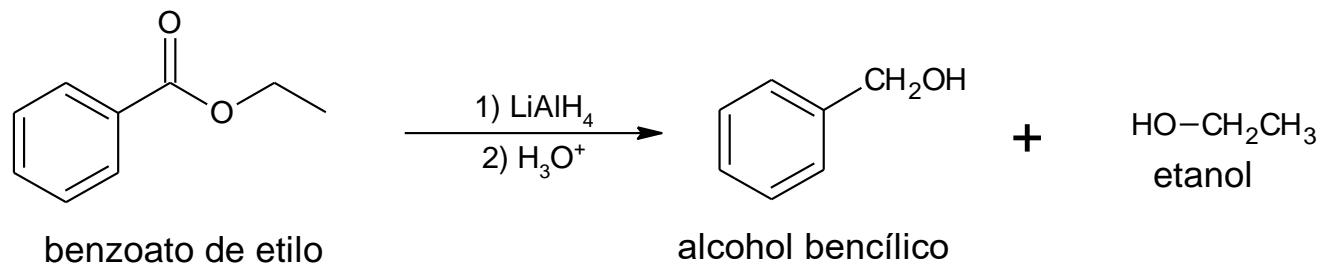


Los dos hidruros más importantes son el borohidruro sódico y el hidruro de litio y aluminio. Éste último es **más reactivo** y, como puede verse, **menos selectivo**.

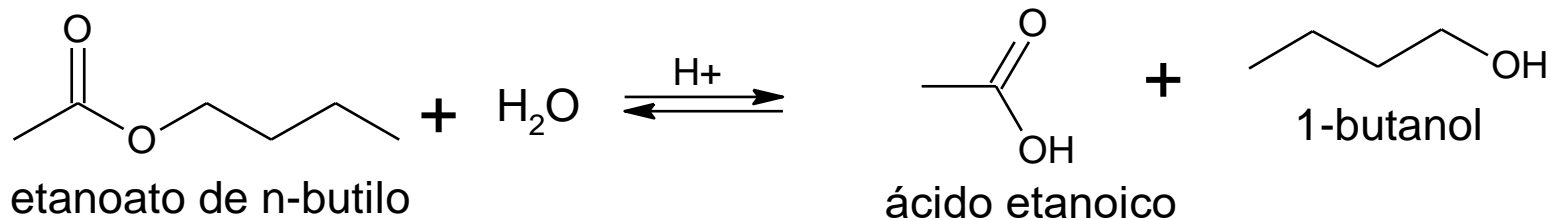
## Reducción de ácidos carboxílicos



## Reducción de ésteres

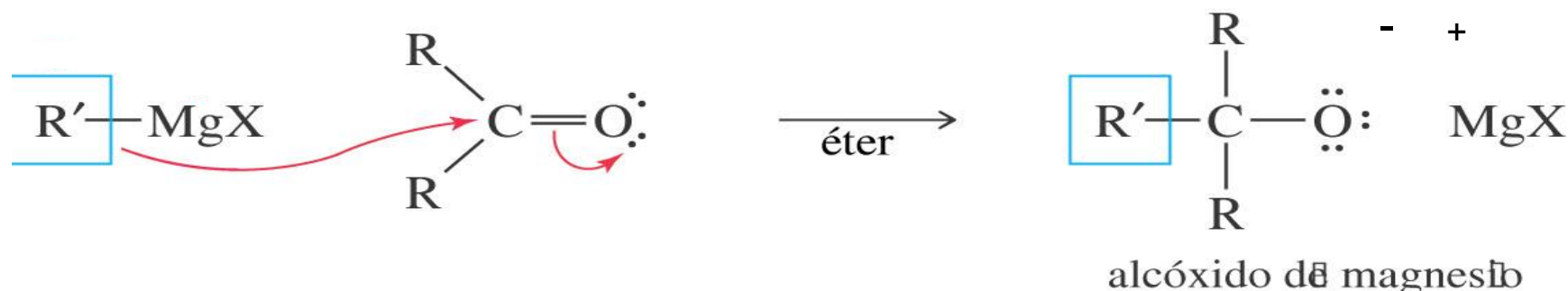


## Hidrólisis de ésteres



## 4. Síntesis de Grignard

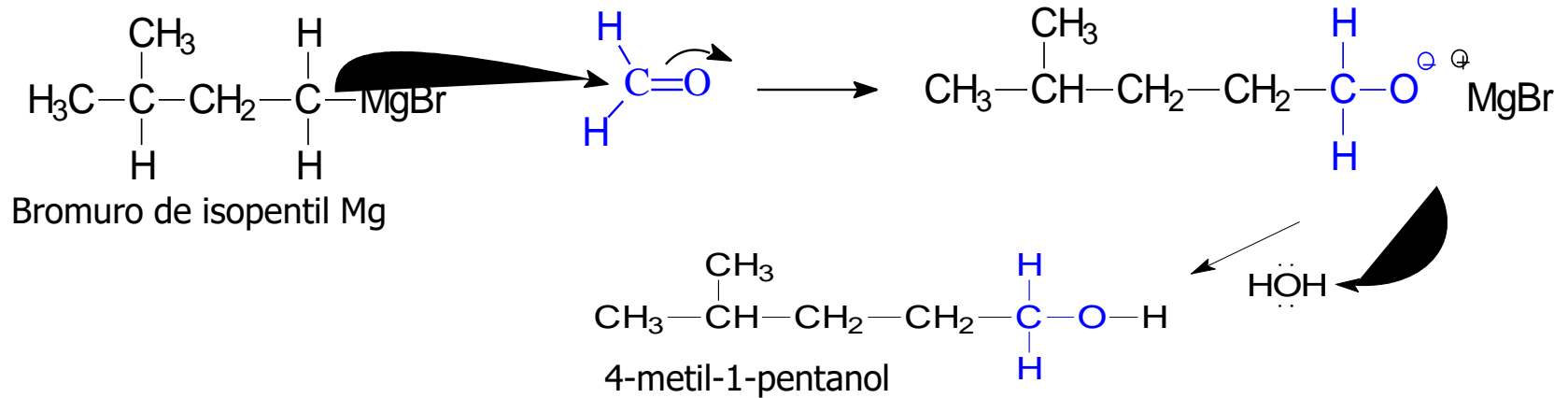
- ❖ Consiste en la adición de un **Reactivo de Grignard** a un aldehído o cetona
- ❖ El carbono nucleofílico de Grignard atacará al carbono electrofílico del carbonilo produciendo un alcóxido de magnesio
- ❖ La hidrólisis del alcóxido produce un alcohol



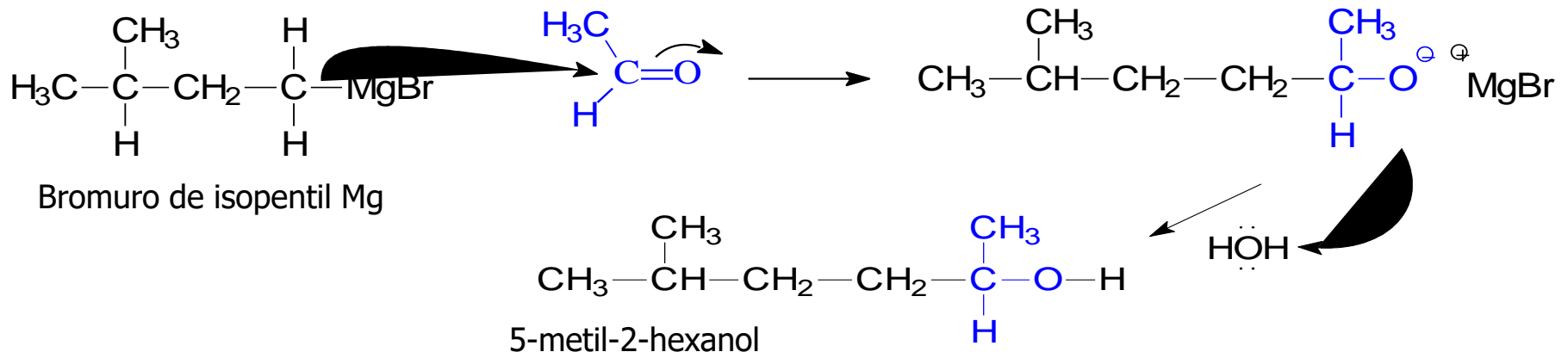
- ❖ Este método permite obtener alcoholes más complejos mediante la formación de nuevos enlaces **C-C**
- ❖ Dependiendo de la elección de los grupos R, que pueden ser **H, alquilo o arilo** se producen alcoholes **primarios, secundarios o terciarios**

## Síntesis de alcoholes primarios

❖ Con **formaldehído** se produce un alcohol primario que contiene un carbono más que el grupo presente en el Reactivo de Grignard

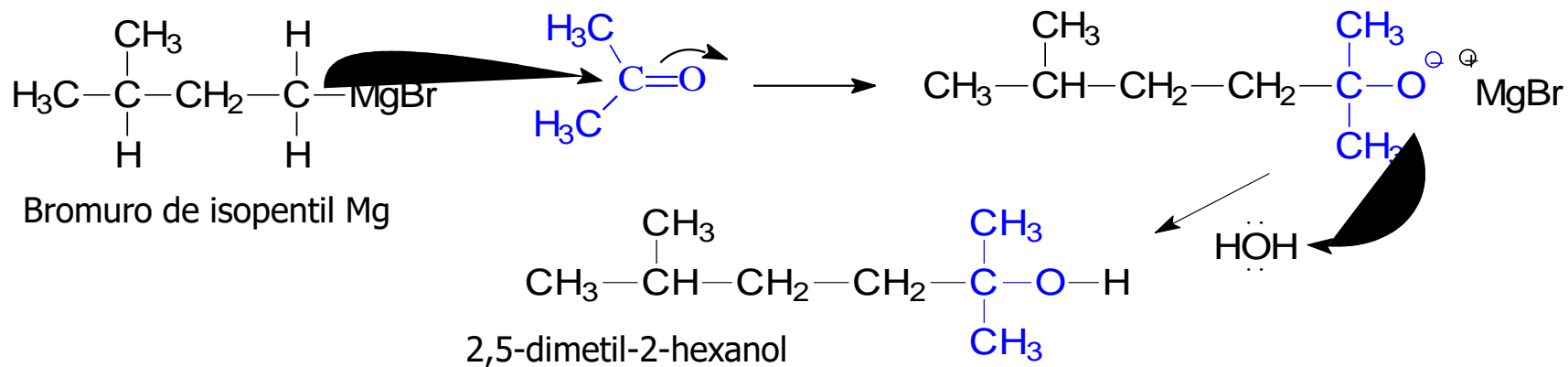


## Síntesis de Alcoholes Secundarios ( Por reacción con un **aldehído**)

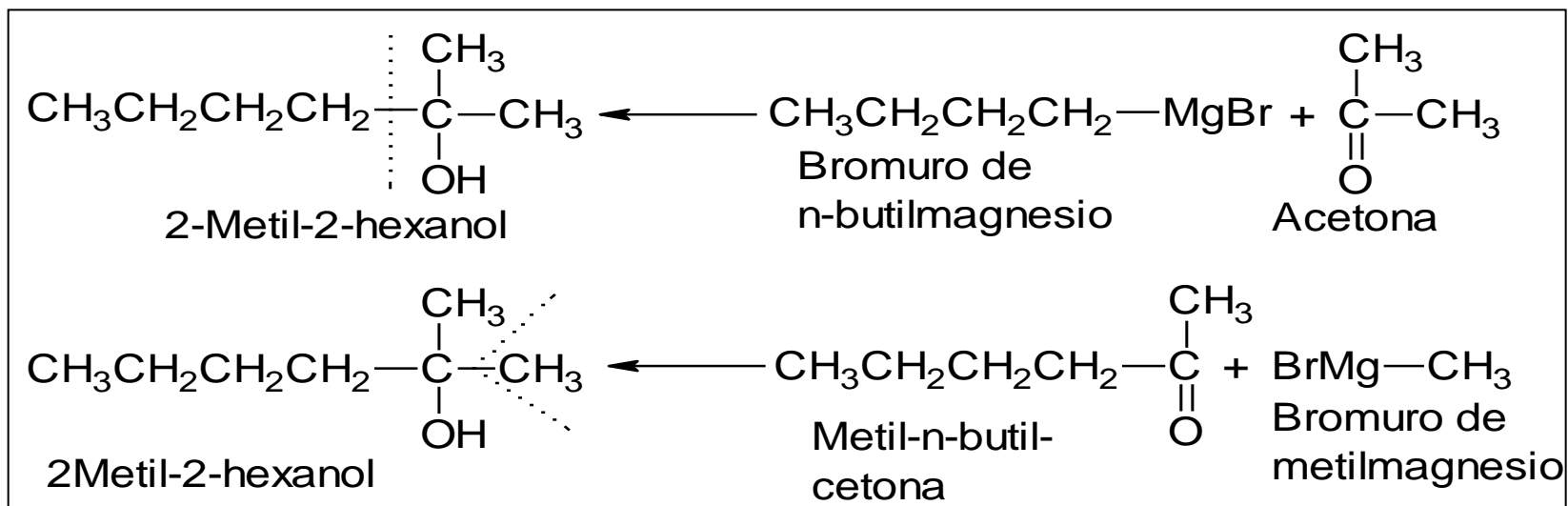




## Síntesis de alcoholes terciarios (por reacción con una cetona)

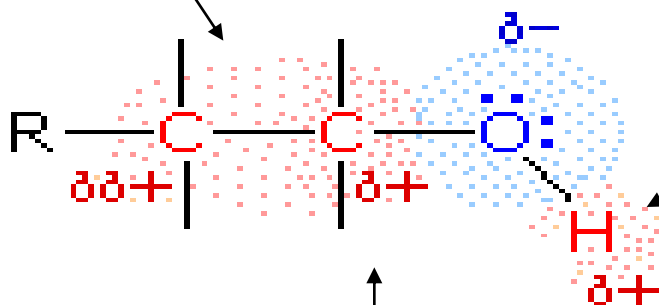


## Planificación de una Síntesis de Grignard



# REACTIVIDAD DE ALCOHOLES

Eliminación



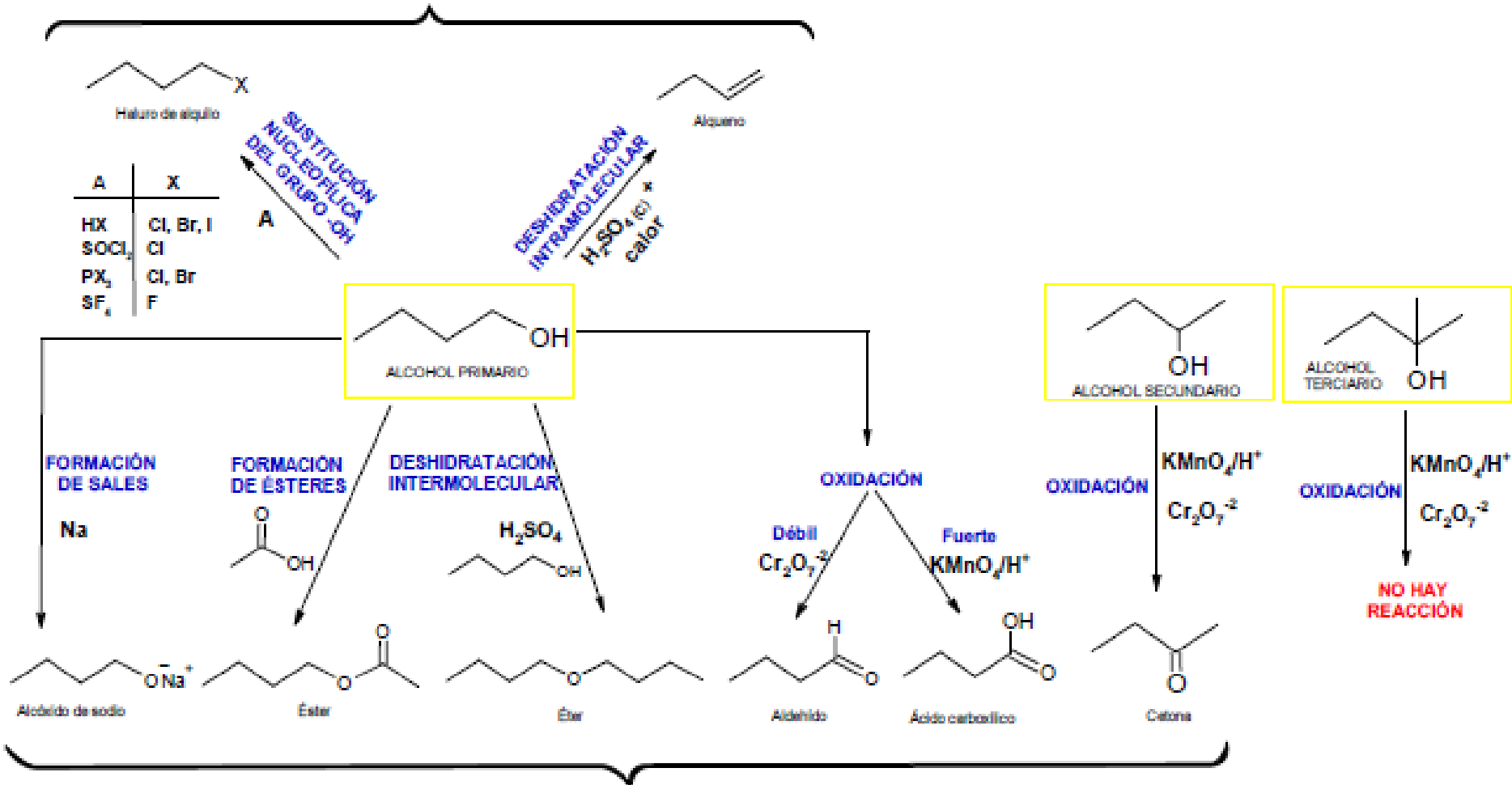
Sustitución del hidrógeno del grupo  $-OH$

(Sustitución electrofílica en el Oxígeno)

Sustitución nucleofílica del grupo  $-OH$

# REACTIVIDAD DE ALCOHOLES

## REACCIONES DE ALCOHOLES COMO BASES



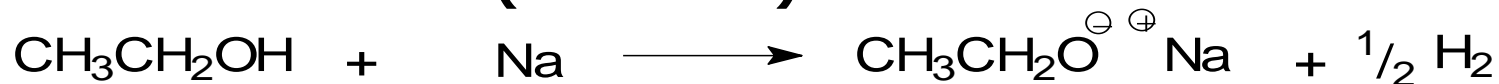
## REACCIONES DE ALCOHOLES COMO ÁCIDOS

(Sustitución electrofílica del hidrógeno en el grupo oxhidrilo)

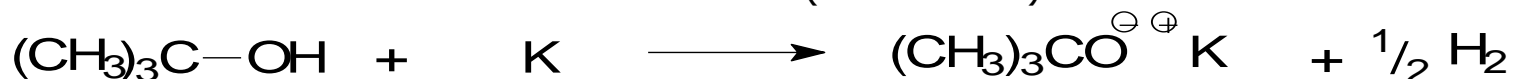
# Reacciones de los alcoholes como ácidos



## 1. Formación de sales (Alcóxidos)



❖ Los alcoholes menos reactivos se tratan con K (más reactivo)



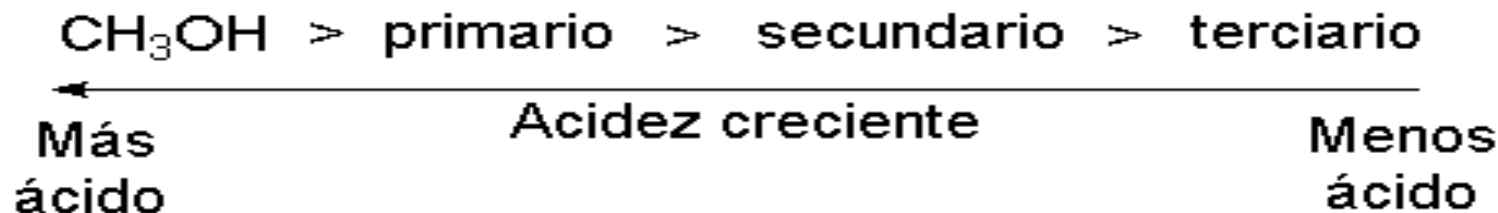
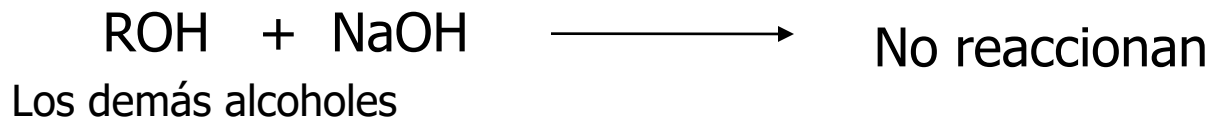
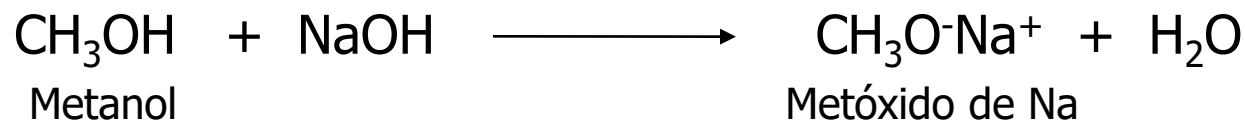
### Constante de Disociación Ácida de Alcoholes Representativos

Alcohol	Estructura	$K_a$	$pK_a$
metanol	$CH_3-OH$	$3,2 \cdot 10^{-16}$	15,5
etanol	$CH_3CH_2-OH$	$1,3 \cdot 10^{-16}$	15,9
2-cloroetanol	$Cl-CH_2CH_2-OH$	$5,0 \cdot 10^{-15}$	14,3
2,2,2-tricloroetanol	$Cl_3C-CH_2-OH$	$6,3 \cdot 10^{-13}$	12,2
isopropílico	$(CH_3)_2CH-OH$	$3,2 \cdot 10^{-17}$	16,5
t-butílico	$(CH_3)_3C-OH$	$1 \cdot 10^{-18}$	18,0
ciclohexílico	$C_6H_{11}-OH$	$1 \cdot 10^{-18}$	18,0
fenol	$C_6H_5-OH$	$1 \cdot 10^{-10}$	10,0

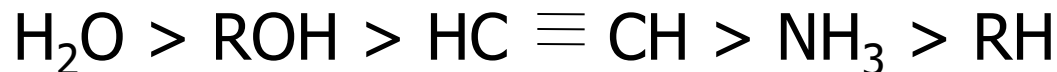
### Comparación con otros ácidos

agua	$H_2O$	$1,8 \cdot 10^{-16}$	15,7
ácido acético	$CH_3-COOH$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	4,8
ácido clorhídrico	$HCl$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	-2,2

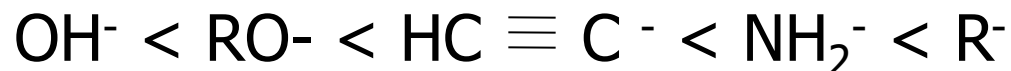
❖ Estas características de acidez producen el siguiente comportamiento



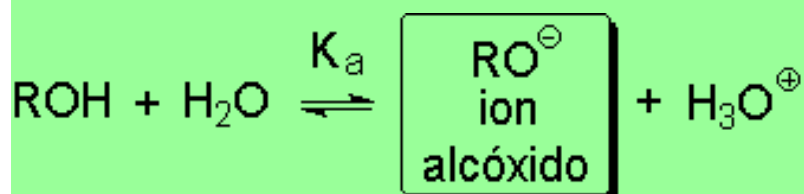
### Acidez relativa



### Basicidad relativa



## PROPIEDADES ÁCIDO-BASE



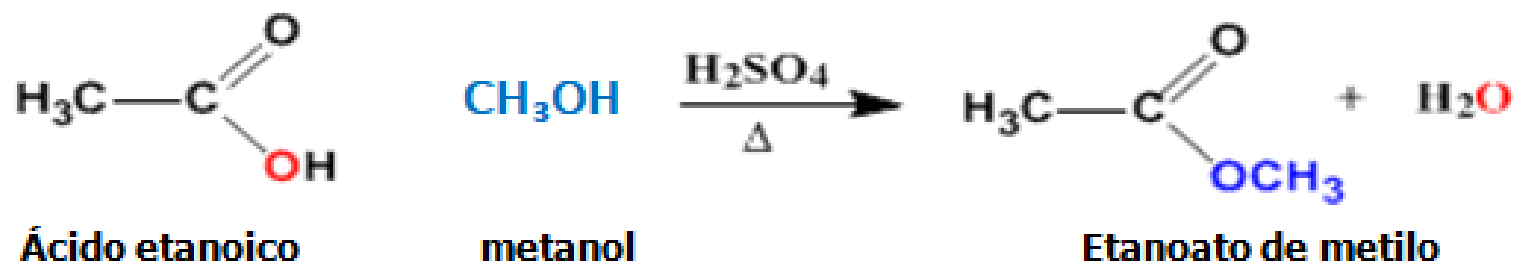
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^\oplus][\text{RO}^\ominus]}{[\text{ROH}]}$$

$$pK_a = -\log K_a$$

ROH	$pK_a$	Otros ácidos	$pK_a$
H	15.7	$\text{H}_2\text{SO}_4$	-5
$\text{CH}_3$	15.5	HCl	-2.2
$\text{CH}_3\text{CH}_2$	15.9	$\text{H}_3\text{PO}_4$	2.2
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}$	17.1	HF	3.2
$(\text{CH}_3)_3\text{C}$	18.0	$\text{CH}_3\text{COOH}$	4.8
$\text{ClCH}_2\text{CH}_2$	14.3	$\text{H}_2\text{S}$	7.0
$\text{CF}_3\text{CH}_2$	12.4	ClOH	7.5
$\text{CF}_3(\text{CH}_2)_2$	14.6	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	10.0
		$\text{H}_2\text{O}_2$	11.6

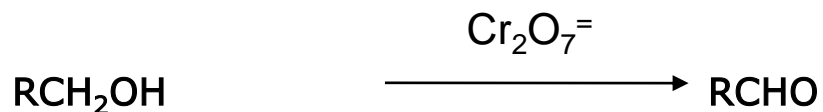
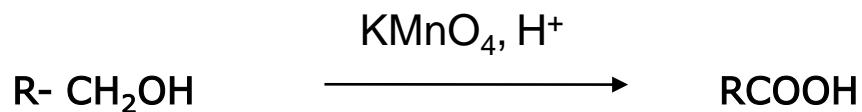
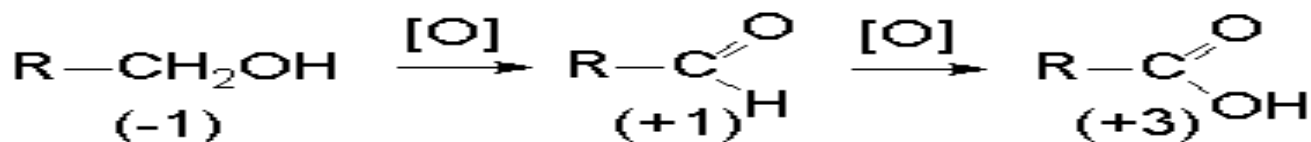
## 2. Formación de ésteres

ÁCIDO + ALCOHOL  $\rightarrow$  ÉSTER + AGUA

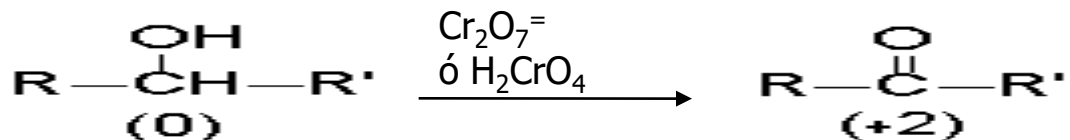


## 3. Oxidación

a) Alcoholes primarios



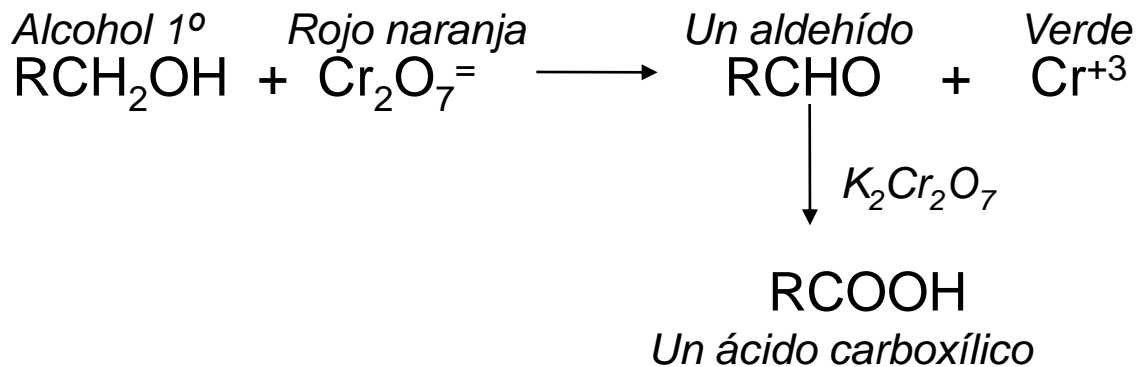
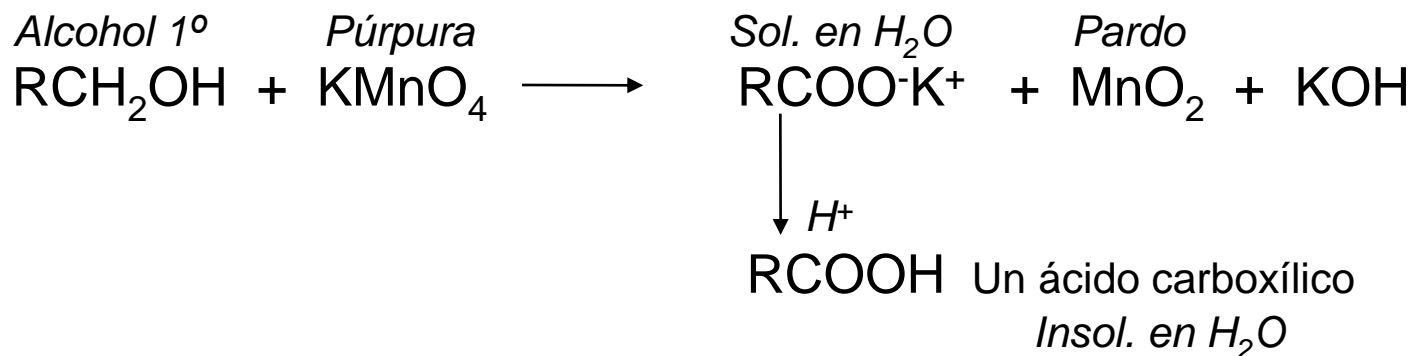
## b) Alcoholes secundarios



## c) Alcoholes terciarios

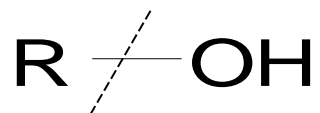
No se oxidan

## Reconocimiento de alcoholes

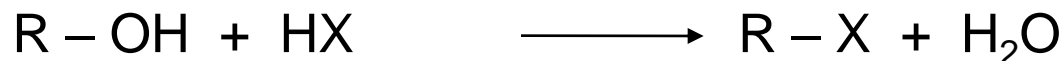




# Reacciones de los alcoholes como bases



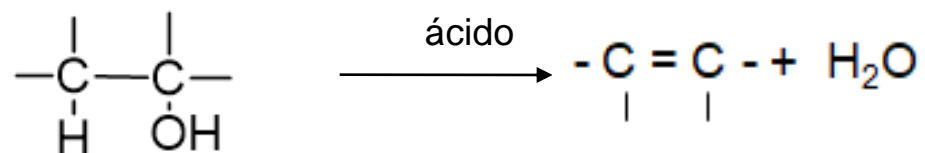
## 1. Reacción con ácidos halogenados –(Sustitución Nucleofílica)



Reactividad de HX : HI > HBr > HCl

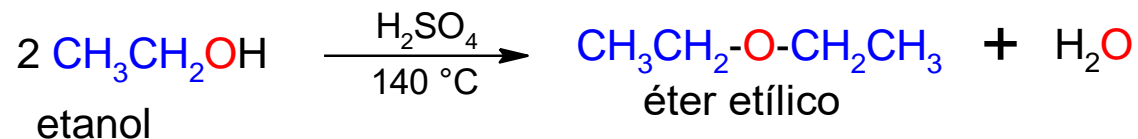
Reactividad de ROH: alílico, bencílico > 3° > 2° > 1°

## 2. Deshidratación- (Eliminación)

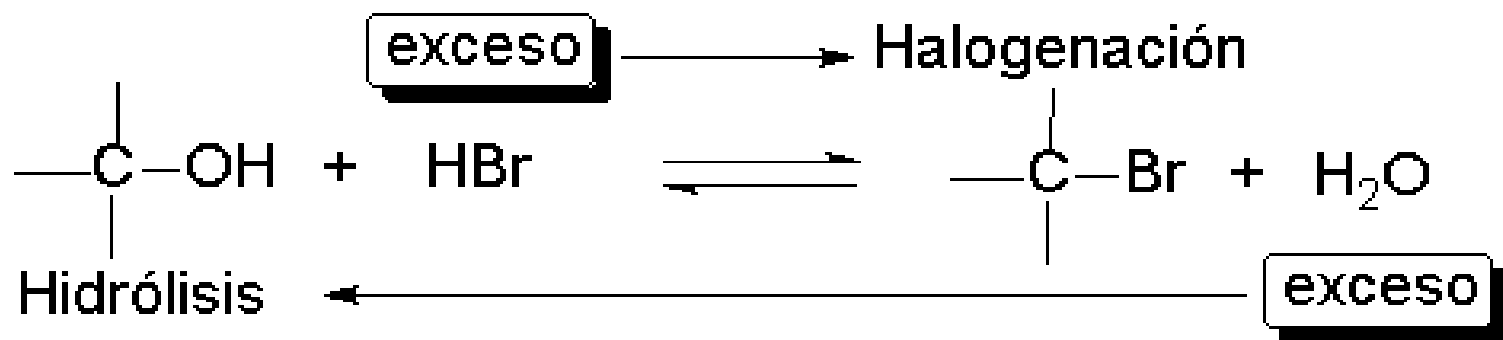


Reactividad de ROH: 3° > 2° > 1°

## 3. Deshidratación intermolecular



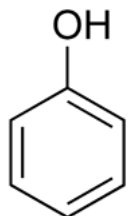
❖ La conversión haluro de alquilo/alcohol es reversible y el desplazamiento del equilibrio dependerá de qué reactivo se encuentra en exceso:



Reactivos útiles para la sustitución de alcoholes por halógeno:

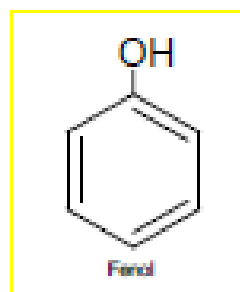
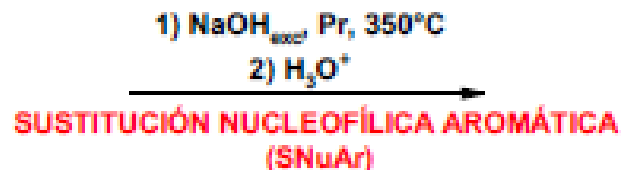
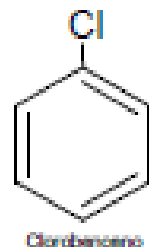
- **Cloruro de tionilo (Cl<sub>2</sub>SO):**
- **Tribromuro de fósforo (PBr<sub>3</sub>)**

# FENOLES

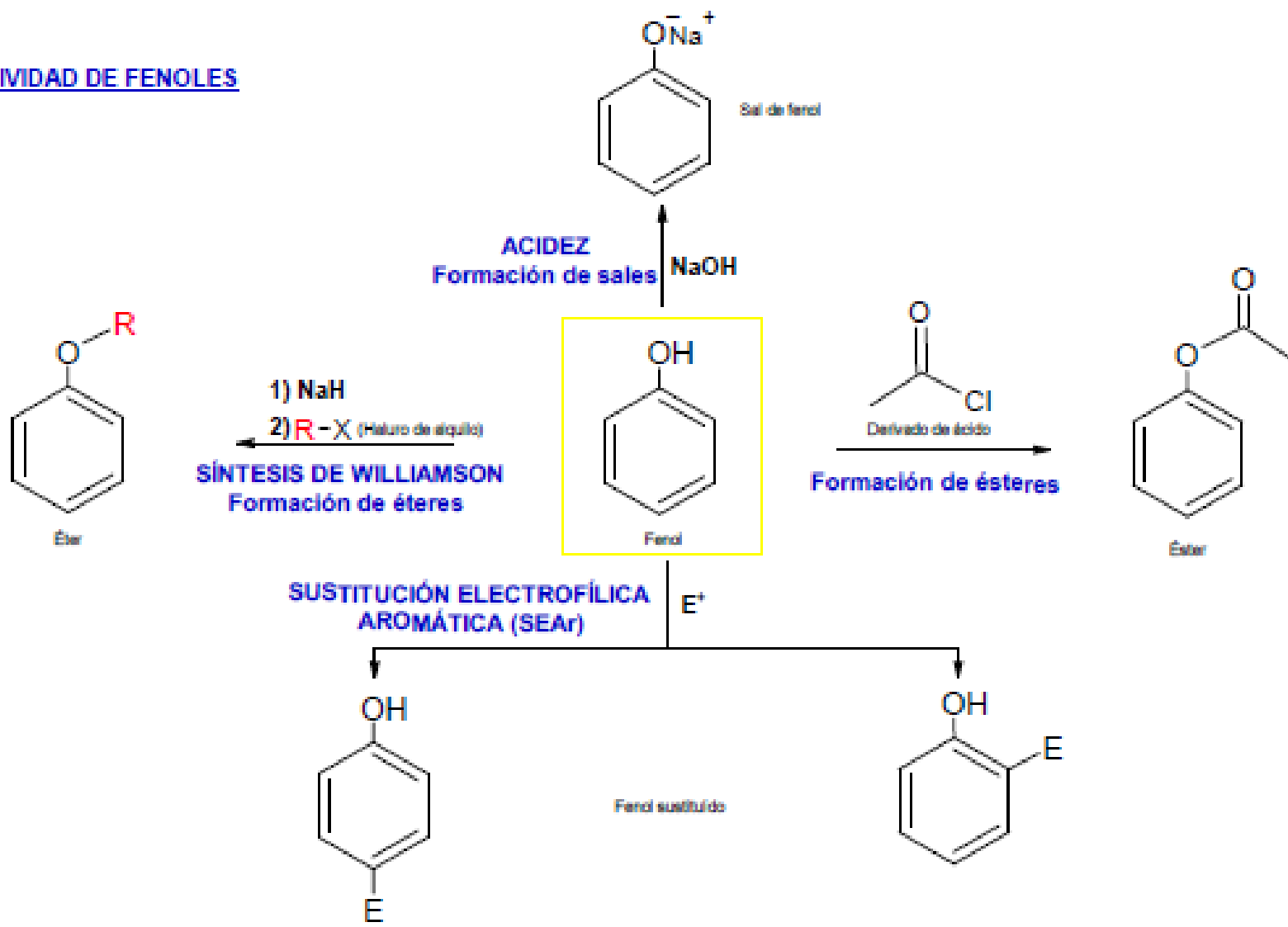


<p>Chemical structure of 4-methylphenol (p-cresol): A benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the para position and a methyl group (-CH<sub>3</sub>) at the other para position.</p>	<p>Chemical structure of 2-nitrophenol (o-nitrophenol): A benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the ortho position and a nitro group (-NO<sub>2</sub>) at the other ortho position.</p>	<p>Chemical structure of 3-bromo-4-methylphenol: A benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the 1 position, a bromine atom (-Br) at the 3 position, and a methyl group (-CH<sub>3</sub>) at the 4 position.</p>	<p>Chemical structure of salicylic acid (o-hydroxybenzoic acid): A benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the ortho position and a carboxylic acid group (-COOH) at the other ortho position.</p>	<p>Chemical structure of p-hydroxybenzenesulfonic acid: A benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the para position and a sulfonic acid group (-SO<sub>3</sub>H) at the other para position.</p>
4-metilfenol p-metilfenol (p-cresol)	2-nitrofenol o-nitrofenol	3-bromo-4- metilfenol	Ácido o-hidroxi- benzoico (salicílico)	Ácido p- hidroxi- benceno sulfónico
<p>Chemical structure of 1,2-benzenediol (catechol): A benzene ring with two hydroxyl groups (-OH) at adjacent (ortho) positions.</p>	<p>Chemical structure of 1,3-benzenediol (resorcinol): A benzene ring with two hydroxyl groups (-OH) at meta positions.</p>	<p>Chemical structure of 1,4-benzenediol (hydroquinone): A benzene ring with two hydroxyl groups (-OH) at para positions.</p>	<p>Chemical structure of 2,4,6-trinitrophenol (picric acid): A benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the 1 position and three nitro groups (-NO<sub>2</sub>) at the 2, 4, and 6 positions.</p>	<p>Chemical structure of 1,3,5-benzenetriol: A benzene ring with three hydroxyl groups (-OH) at the 1, 3, and 5 positions.</p>
1,2-benzenodiol (Catecol)	1,3-benzenodiol (Resorcinol)	1,4-benzenodiol (Hidroquinona)	2,4,6-trinitrofenol (ácido pícrico)	1,3,5-benzenotriol

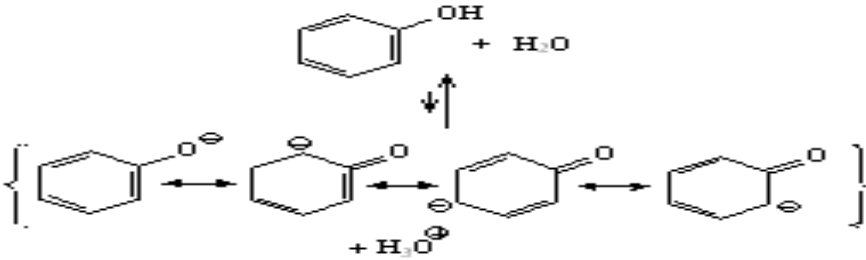
## PREPARACIÓN DE FENOLES:



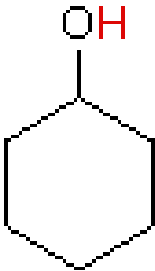
## REACTIVIDAD DE FENOLES



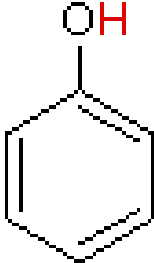
❖ La propiedad más llamativa de los fenoles es su acidez: son varios órdenes de magnitud más ácidos que sus homólogos, los alcoholes

Compuesto	Ejemplo de equilibrio ácido-base	pKa	Reacciona con NaCO <sub>3</sub> H	Reacciona con NaOH
Alcoholes	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \\ \updownarrow \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \end{array}$ <p>El ión alcóxido está relativamente poco estabilizado porque no se puede deslocalizar la carga negativa por resonancia. El equilibrio está muy poco desplazado hacia el anión y los alcoholes son muy poco ácidos. No reaccionan ni con una base fuerte como el NaOH</p>	16-18	NO	NO
Fenoles	 <p>El ión fenóxido está más estabilizado por resonancia con el anillo aromático. Las estructuras con la carga negativa sobre los carbonos contribuirán menos al híbrido, pero explican por qué <u>un fenol es más de un millón de veces más ácido que un alcohol</u>. Así reaccionan con NaOH, capaz de desprotonar cuantitativamente a un fenol en medio acuoso</p>	8-10	NO	SI

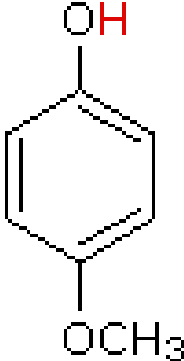
# Efecto de los sustituyentes sobre la acidez



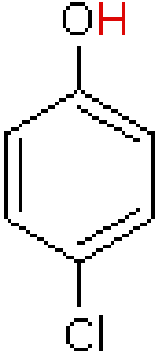
$pK_a$  16



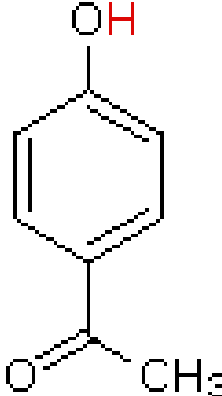
10.0



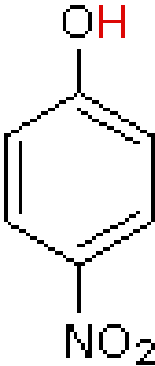
10.2



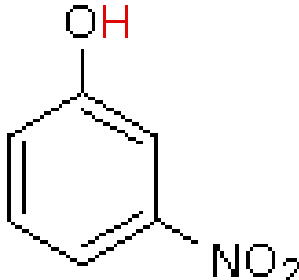
9.2



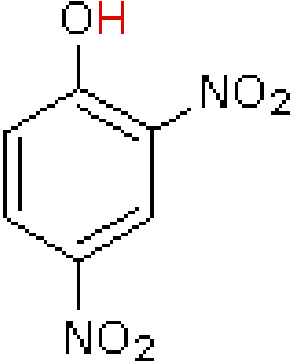
7.7



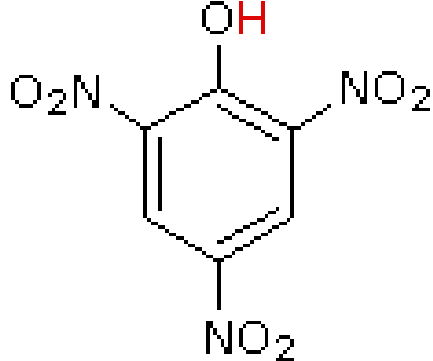
$pK_a$  7.2



8.3



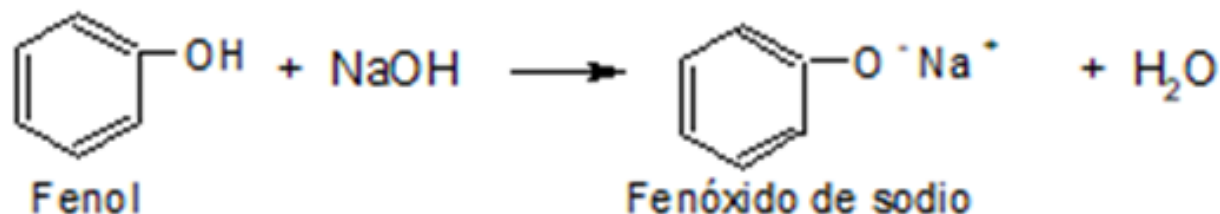
4.1



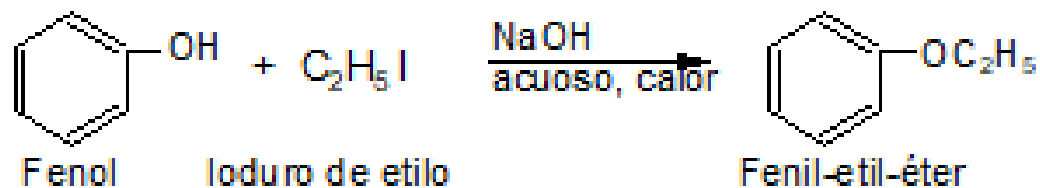
0.3

## REACTIVIDAD DE FENOLES

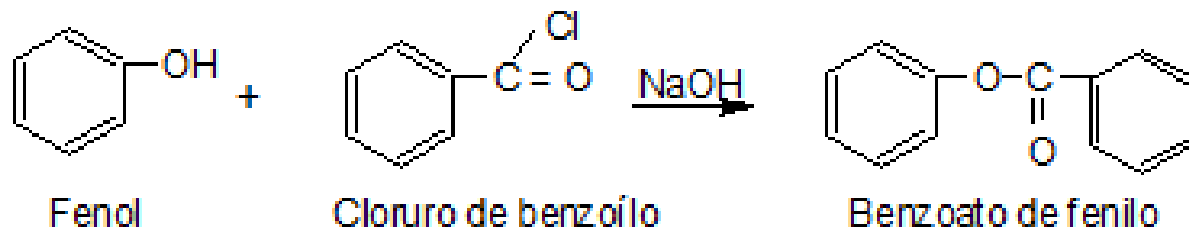
### 1. ACIDEZ. FORMACIÓN DE SALES.



### 2. FORMACIÓN DE ÉTERES. SÍNTESIS DE WILLIAMSON



### 3. FORMACIÓN DE ÉSTERES.



### 4. SUSTITUCIÓN ANULAR.

- OH
  - O<sup>-</sup>
- Activan poderosamente y dirigen orto-para en sustitución electrofílica aromática.
- OR Menos activante que - OH.

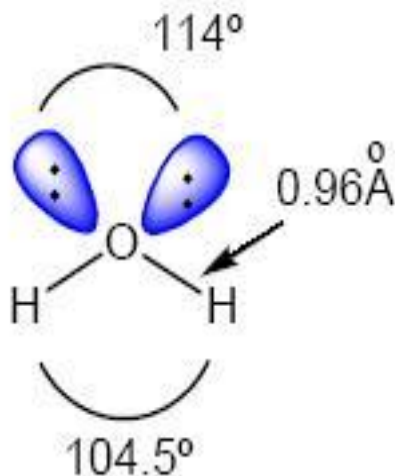
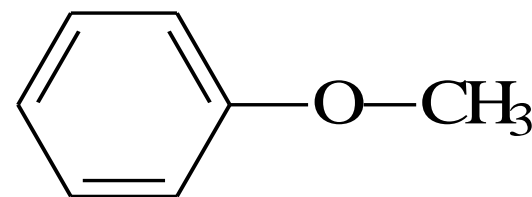


# ÉTERES

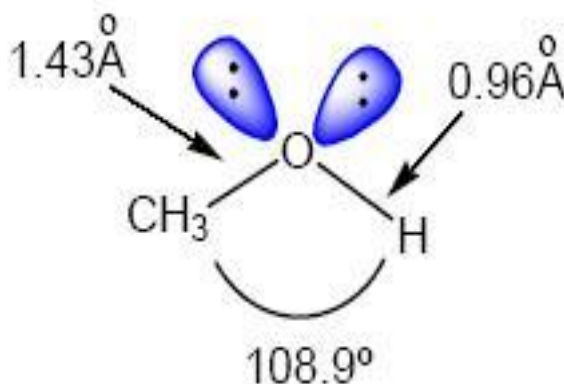
Los éteres son en general poco reactivos y se utilizan como disolventes.

Fórmula:  $R-O-R'$  R y R' grupos alquilo o arilo

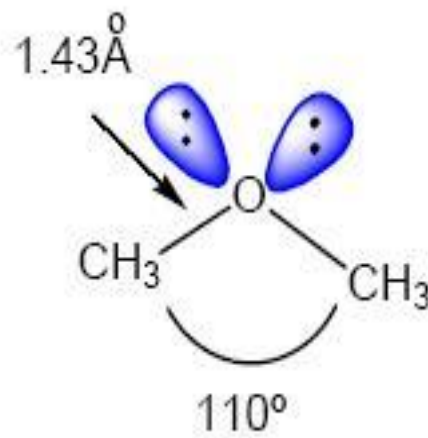
Ejemplos:



agua



metanol

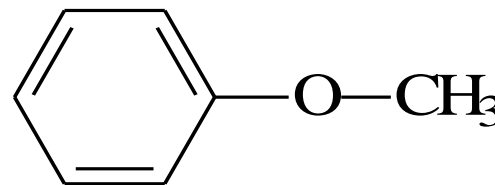
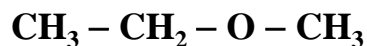


dimetil éter

# Nomenclatura de éteres

Nomenclatura IUPAC (nomenclatura sustitutiva: alcoxi alcano)

Nomenclatura común (nomenclatura rádico-funcional)



Nomenclatura IUPAC

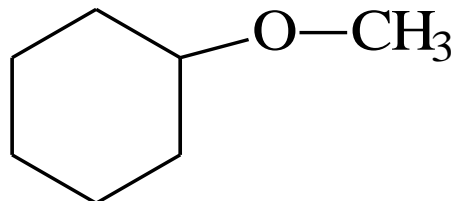
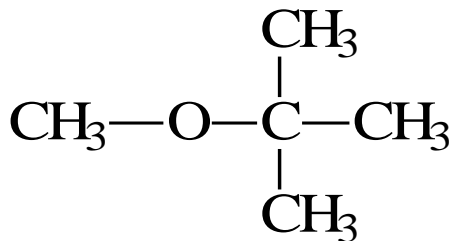
metoxietano

metoxibenceno

Nombre común

Etil metil éter

Fenil metil éter (anisol)



2-metil-2-metoxipropano

metoxiciclohexano

etoxietano

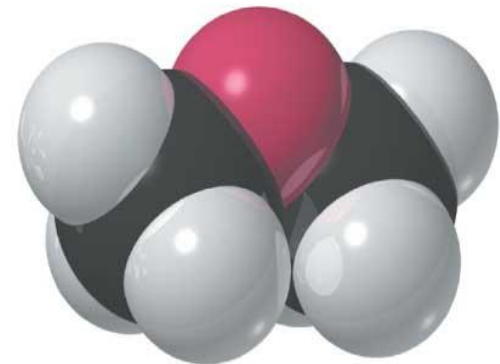
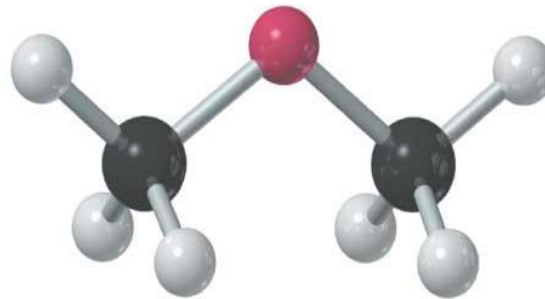
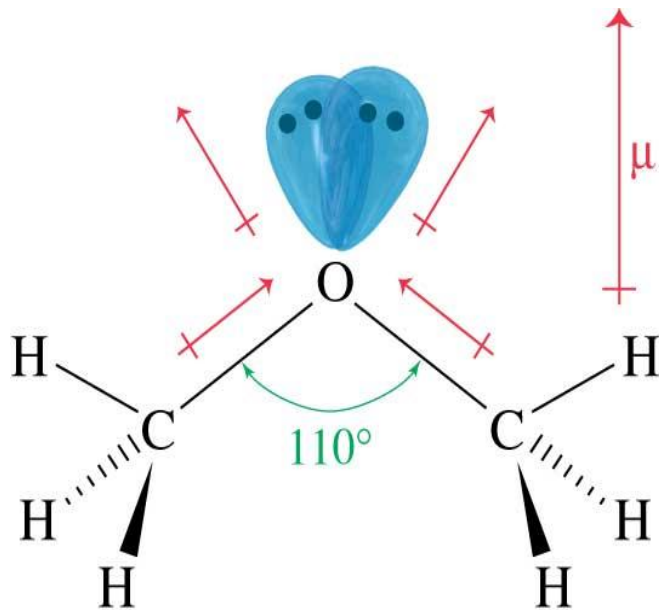
ter-butil metil éter

Ciclohexil metil éter

dietil éter (éter etílico)

# Propiedades físicas de los éteres

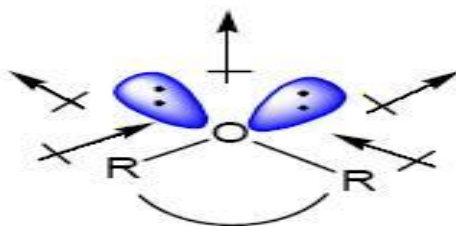
- Geometría molecular angular
- Oxígeno con hibridación  $sp^3$
- Ángulo de enlace tetraédrico



# Puntos de ebullición de los éteres

Similar a alcanos de masa molar comparable.

Momentos dipolares de un éter y Momento dipolar general



compuesto	estructura	Peso molecul.	p.eb.(°C)	Momento dipolar (D)
agua	H <sub>2</sub> O	18	100	1.9
etanol	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -OH	46	78	1.7
dimetil éter	CH <sub>3</sub> -O-CH <sub>3</sub>	46	-25	1.3
propano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	44	-42	0.1
n-butanol	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -OH	74	118	1.7
dietil éter	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -O-CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	74	35	1.2
pentano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	72	36	0.1

# Solubilidad en agua

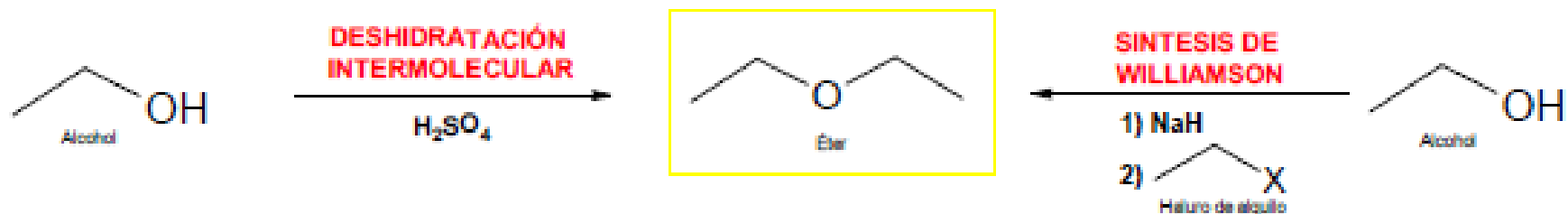


éter

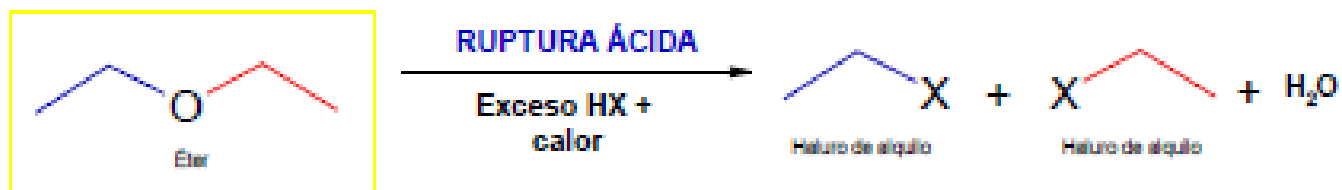
solubilidad en agua

2 C's	$\text{CH}_3\text{OCH}_3$	soluble
3 C's	$\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_3$	soluble
4 C's	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$	ligeramente soluble (10 g/100 g $\text{H}_2\text{O}$ )
5 C's	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	mínimamente soluble (1.0 g/100 g $\text{H}_2\text{O}$ )
6 C's	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	insoluble (0.25 g/100 g $\text{H}_2\text{O}$ )

# PREPARACIÓN DE ÉTERES

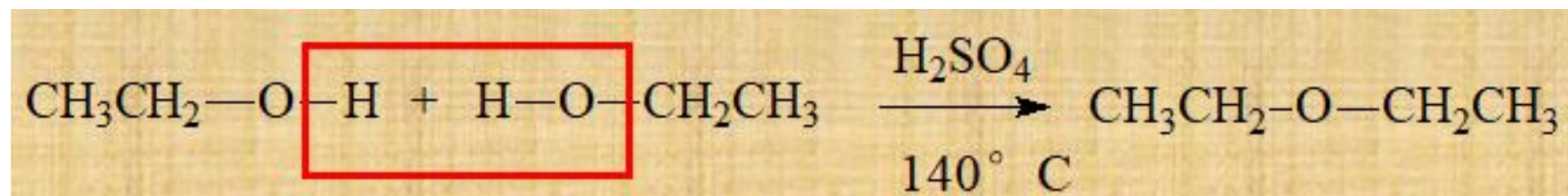


# REACTIVIDAD DE ÉTERES

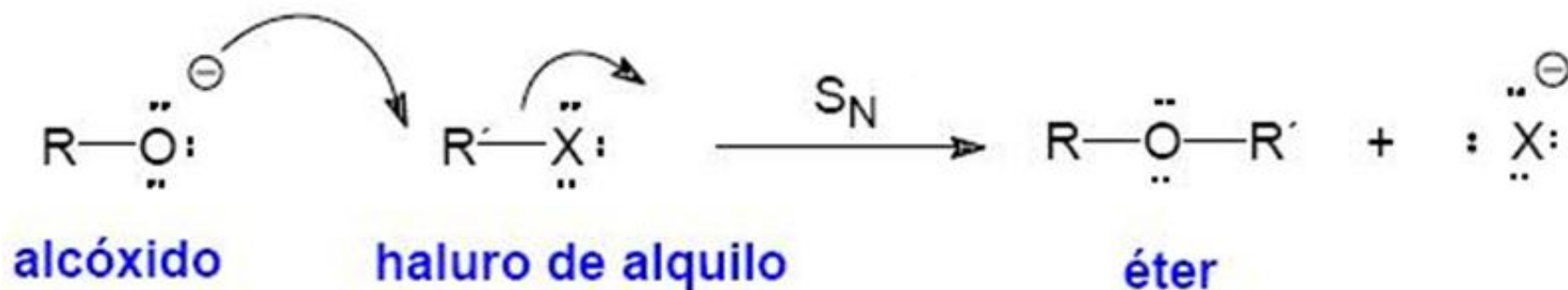


# Métodos de obtención

Síntesis industrial: deshidratación bimolecular de alcoholes



Síntesis de Williamson

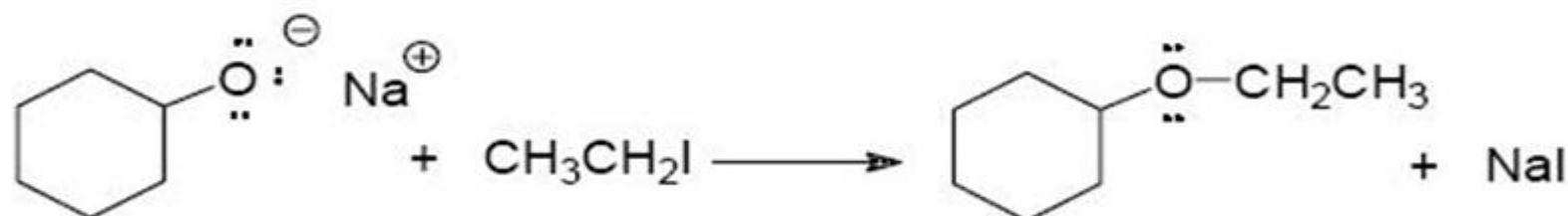


## 1º. Reacción de formación del alcóxido

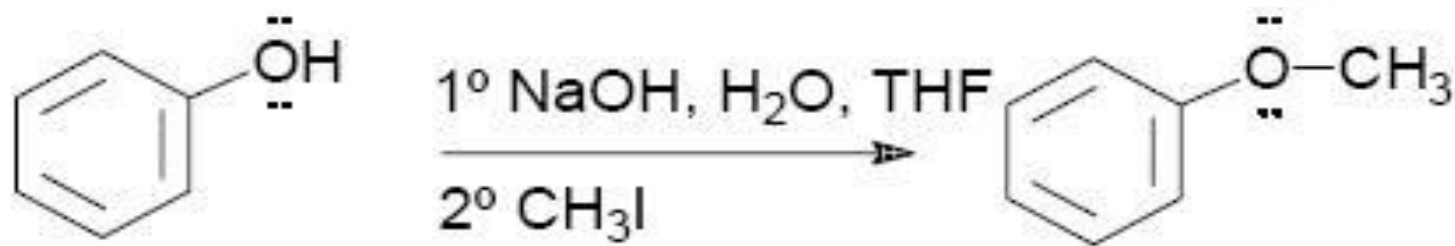


**ciclohexanol**

## 2º. Reacción S<sub>N</sub>



**ciclohexil etil éter**

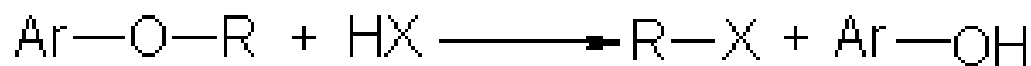


**fenol**

**fenil metil éter**



# REACCIONES DE ÉTERES. DEGRADACIÓN CON ÁCIDOS



Reactividad de HX:  $H > HBr > HCl$

