

ALCOHOLES, ÉTERES Y EPÓXIDOS

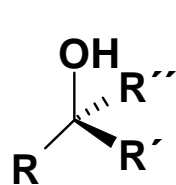
Será fundamental conocer la nomenclatura de los alcoholes y diferenciarlos claramente de los enoles y fenoles. Se deducirán las propiedades físicas y químicas de los alcoholes tomando como base el grupo funcional hidroxilo, poniendo énfasis en el carácter anfótero de los alcoholes y como este hecho afecta a la estructura que presentan en medio ácido o en medio fuertemente alcalino. En relación a las propiedades químicas se estudian en función del tipo de reacción, clasificándolas en sustituciones, eliminaciones y oxidaciones. También se examinan los principales métodos de preparación de alcoholes y su relación con las restantes clases de sustancias orgánicas.

Estudiaremos asimismo los éteres, viendo su grupo funcional, su nomenclatura y comparando su estructura y propiedades físicas con las de los alcoholes. Examinaremos el carácter básico de los éteres y su estructura en presencia de ácidos de Brønsted y de Lewis y analizaremos la escasa reactividad química de los éteres, viendo su causa y como este hecho, junto con sus propiedades físicas, contribuye a su amplio uso como disolventes. Terminaremos el estudio analizando los principales métodos de preparación de los éteres. La lección acaba con el estudio de los epóxidos, su nomenclatura y comparando su estructura con la de los éteres. Examinaremos el carácter básico de los epóxidos y sus principales reacciones frente a los nucleófilos, comparando la regioselectividad de estas reacciones según estemos en medio neutro (alcalino) o ácido. Se finaliza estudiando los principales métodos de preparación de epóxidos.

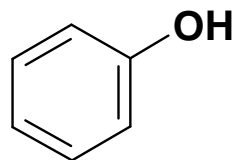
Como siempre pondremos ejemplos de los tres tipos de compuestos que jueguen un papel importante, bien en la naturaleza, bien en la sociedad, para ver las importancia de estas clases de sustancias.

ALCOHOLES, ÉTERES Y EPÓXIDOS

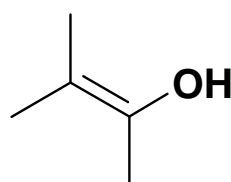
Alcoholes



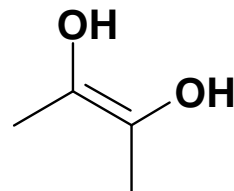
Alcohol (C sp³)



Fenol



Enol



Endiol



Agua



Alcohol



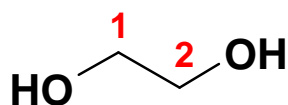
1-Propanol (n-Propanol)



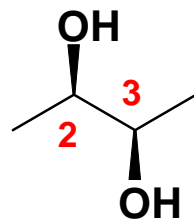
2-Propanol (iso-Propanol)



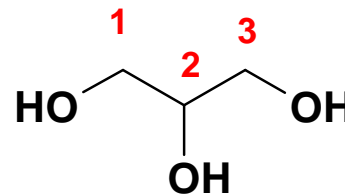
2-Metil-2-Propanol (terc-butanol)



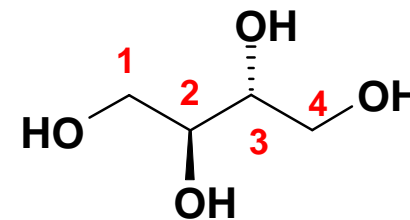
1,2-Etanodiol
Etilenglicol (Un diol)



(2R, 3S)-Butanodiol
(Un diol)

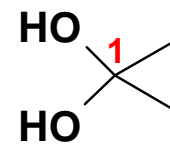
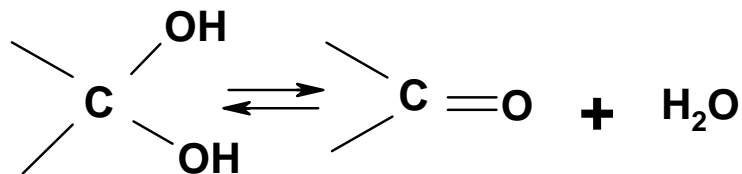


1,2,3-Propanotriol
Glicerina (Un triol)



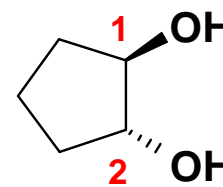
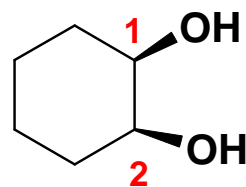
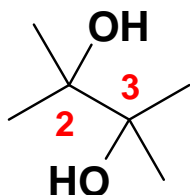
(1, 2S, 3R, 4)-Butanotriol
Un tetrol meso

Dioles Geminales (1,1-Dioles)

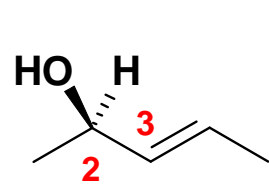


1,1-ciclopropanodiol
Un diol geminal
relativamente estable

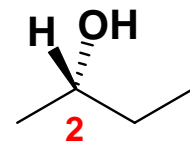
Dioles Vecinales (Glicoles; 1,2-Dioles)



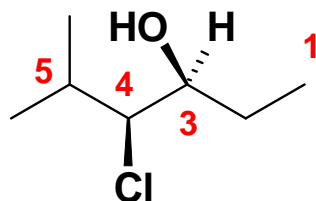
2,3-dimetil-2,3-butanodiol (1R, 2S)-Ciclohexanodiol (1R, 2R)-Ciclopentanodiol



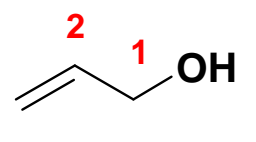
3-trans-penten-
(2R)-ol



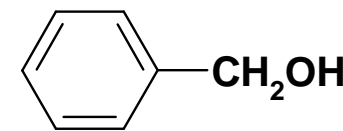
(2S)-Butanol
(2S)-sec-butanol



(3S, 4S)-4-cloro-
5-metil-3-hexanol

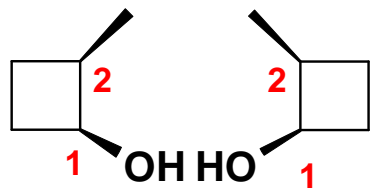


2-Propen-1-ol
Alcohol alílico

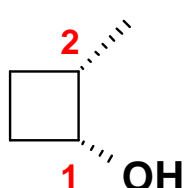


Fenilmetanol
Alcohol bencílico

(1S, 2R)-metil-
ciclobutanol

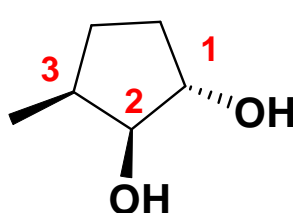


(1R, 2R)-metil-
ciclobutanol

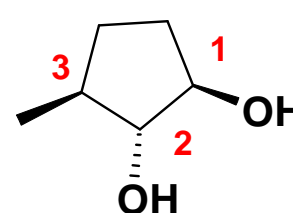


Una pareja de enantiómeros

(1S, 2S, 3R)-3-Metil-
ciclopentanodiol

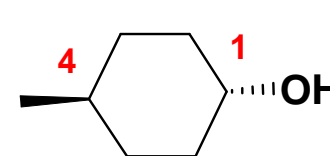


(1R, 2R, 3S)-3-metil-
ciclopentanodiol

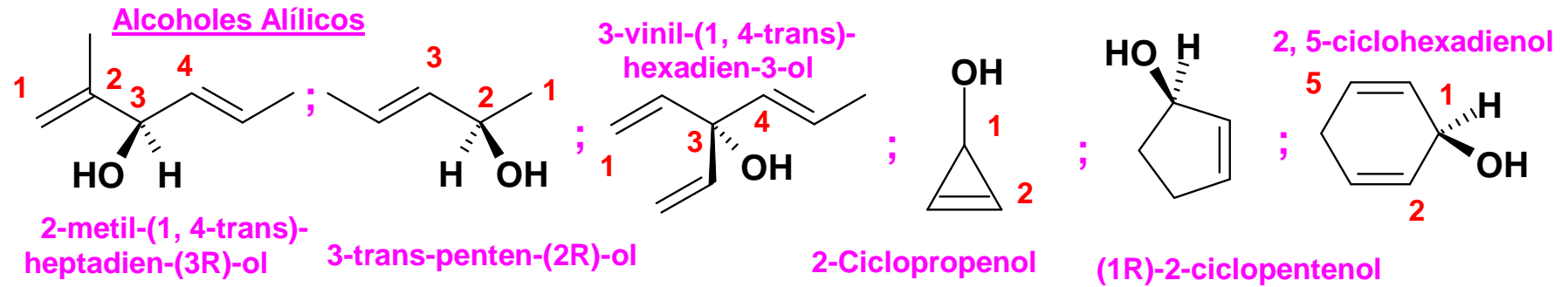


Una pareja de diastereómeros

trans-4-metil-
1-ciclohexanol

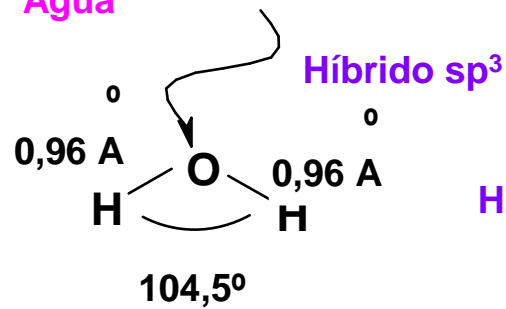


Una forma meso

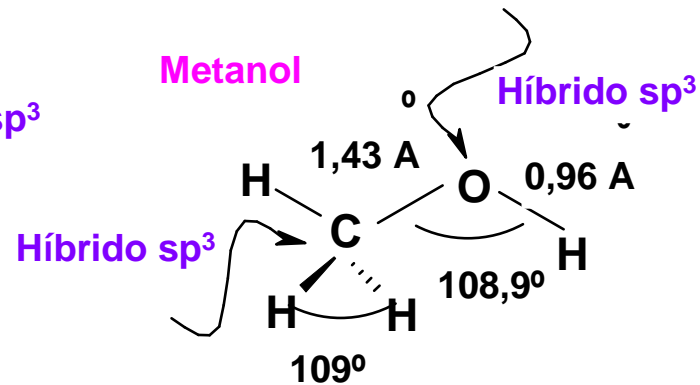


Estructura y propiedades físicas de los alcoholes

Agua



Metanol



Puentes de hidrógeno en los Alcoholes

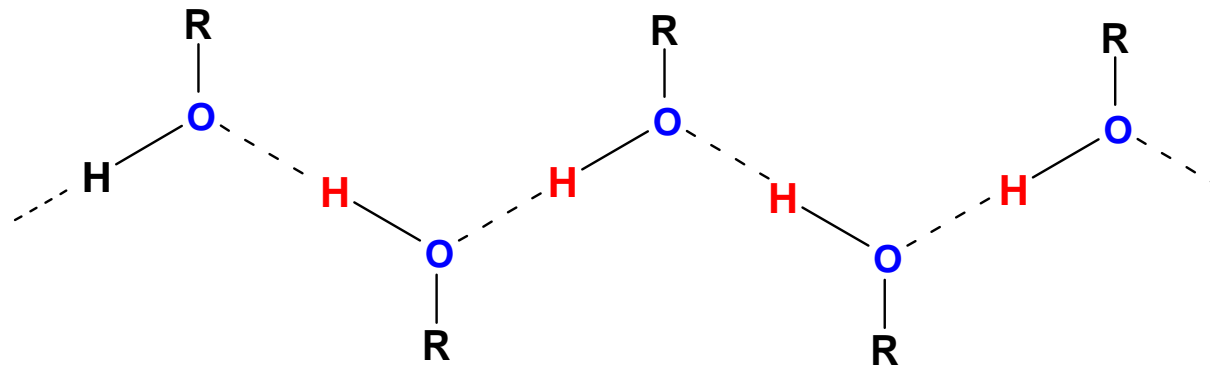
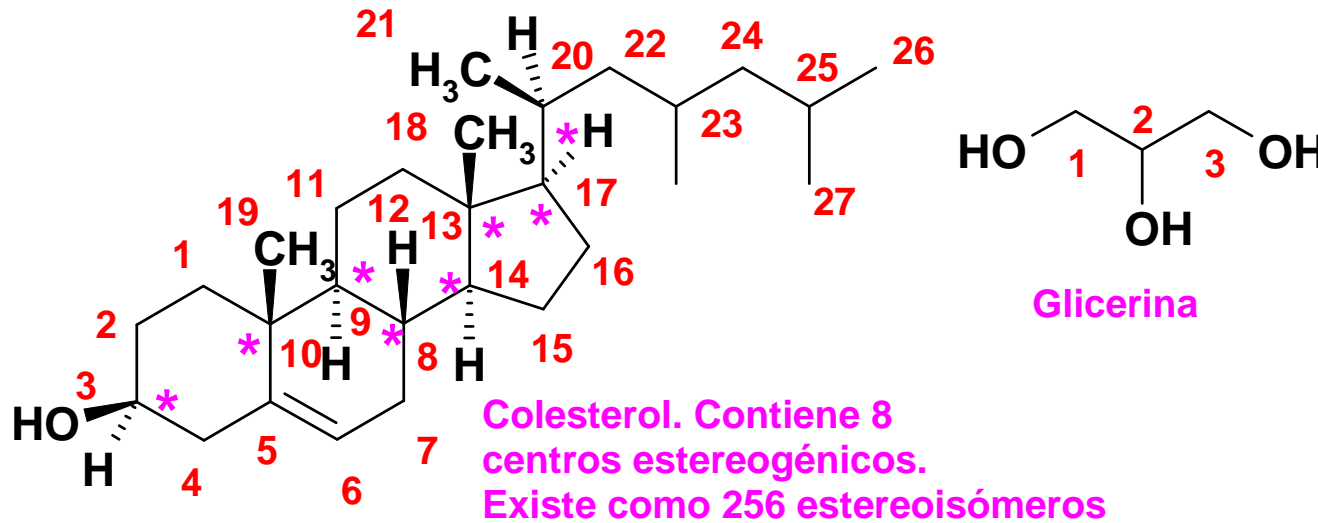
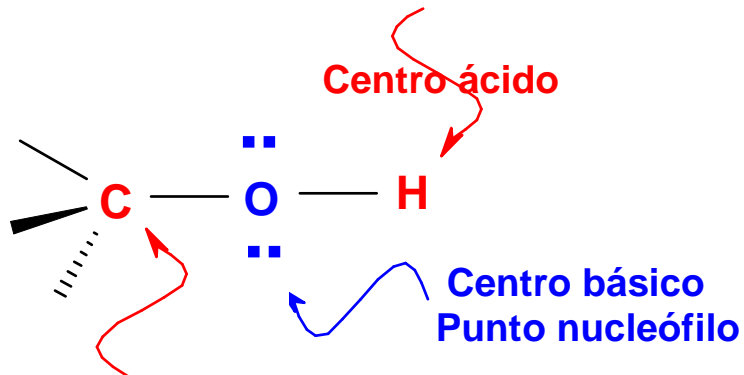


Tabla I. Propiedades físicas de los alcoholes comparadas con los haluros

Nombre	Estructura	PF (0°C)	PE (0°C)	Solubilidad en agua
Metanol	CH₃OH	- 97	65, 0	∞
Clorometano	CH₃Cl		- 24, 2	
Etanol	CH₃CH₂OH	-114	75, 8	∞
Cloroetano	CH₃CH₂Cl		12, 3	
1-Propanol	CH₃CH₂CH₂OH	-126	97, 4	∞
Cloruro propilo	CH₃CH₂CH₂Cl		46, 6	
1-Butanol	CH₃(CH₂)₂CH₂OH	-90	117, 7	7, 8
1-Octanol	CH₃(CH₂)₆CH₂OH	-16	194	0, 053
1-Decanol	CH₃(CH₂)₈CH₂OH	6	233	
isobutanol	(CH₃)₂CHCH₂OH	- 108	107, 9	10
sec-butanol	CH₃CHOHCH₂CH₃	-114	99, 5	12, 7
terc-butanol	(CH₃)₃COH	25	82, 5	∞
Difenilmetanol	Ph₂CHOH	69	298	0,05

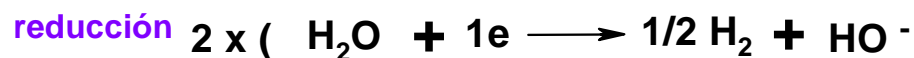
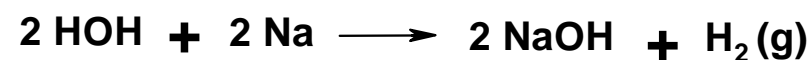


Propiedades químicas de los alcoholes

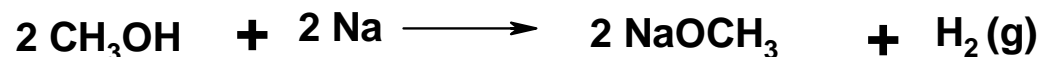


Pueden actuar como ácidos de Brønsted (por el H del OH) y como bases de Lewis (a través de los pares sin compartir del O), de modo que se comportan como anfóteros. Por el C que porta el hidroxilo, son electrófilos, pero se debe tener en cuenta que el grupo hidroxilo (OH) es un pésimo grupo saliente.

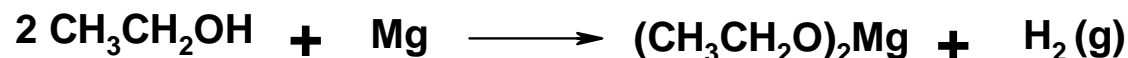
Propiedades ácido-base de los alcoholes



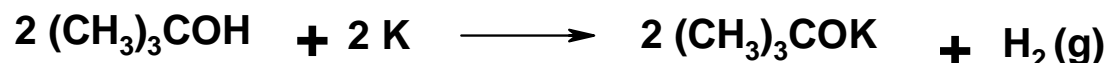
metóxido sódico



etóxido magnésico



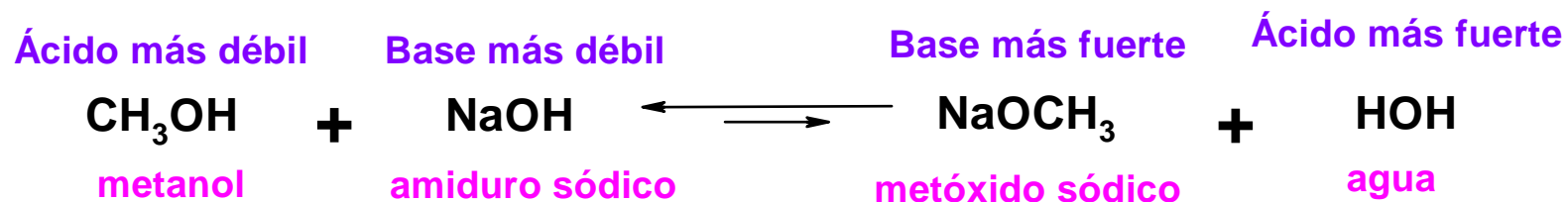
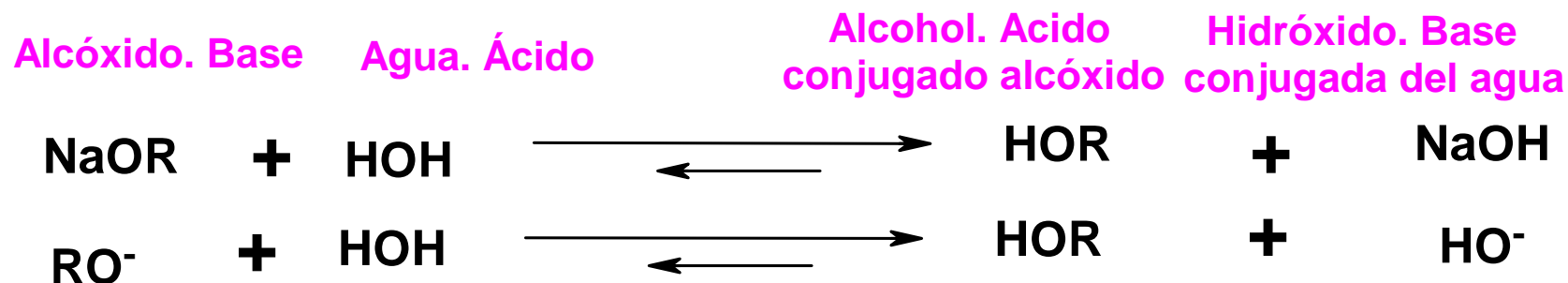
terc-butóxido potásico

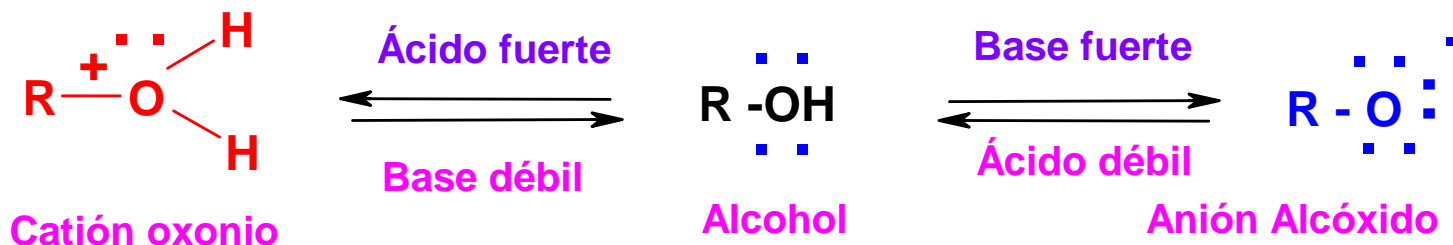
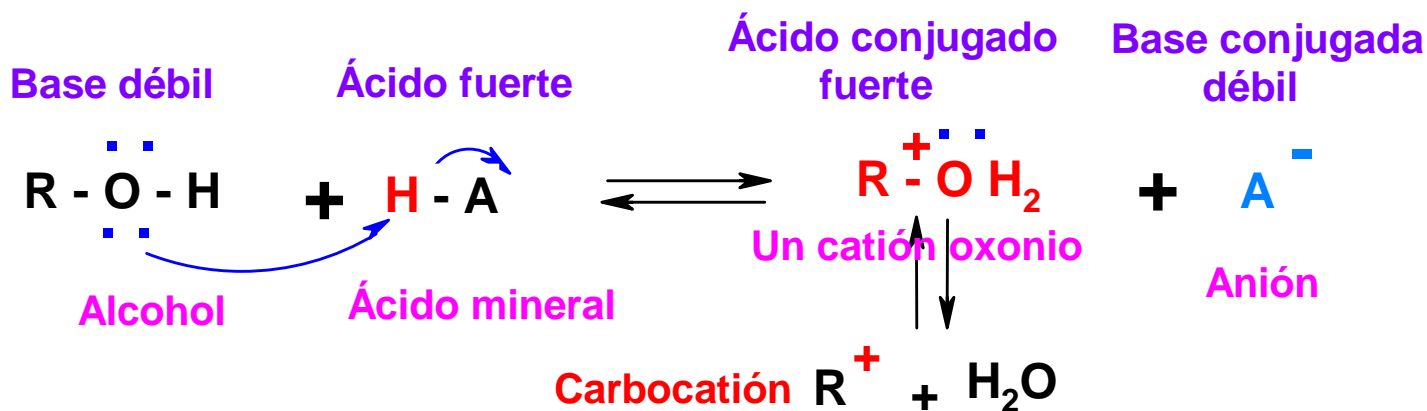
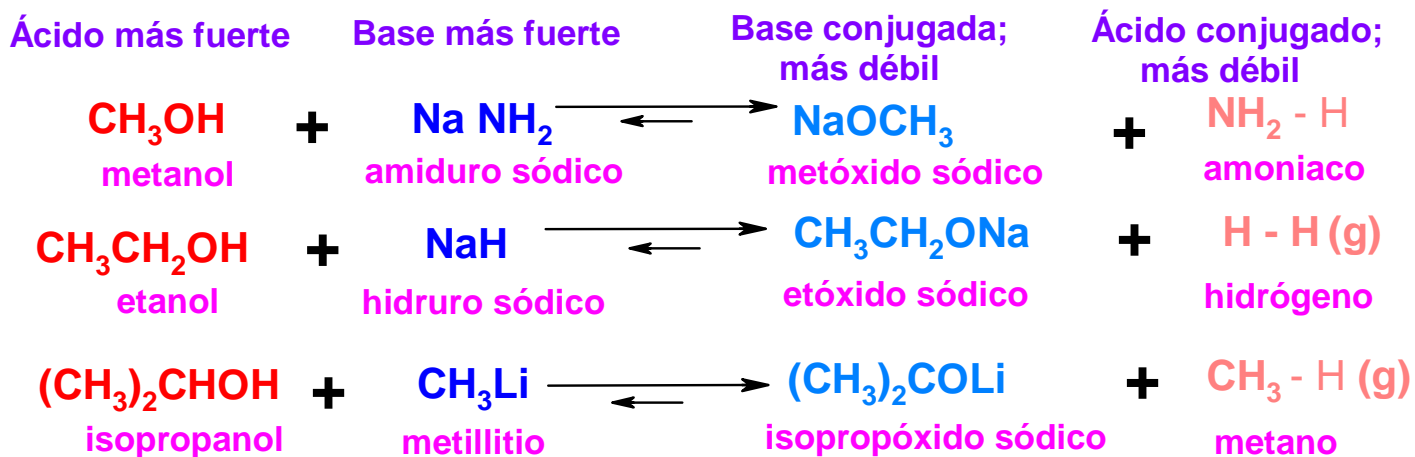


La acidez de los alcoholes primarios es muy similar a la del agua ($\text{pK}_\text{A} = 15,7$) pero desciende al pasar de los primarios a secundarios y terciarios y por esto, las bases conjugadas derivadas de los alcoholes terciarios son más fuertes que las que proceden de los alcoholes secundarios y primarios. Por lo tanto, el terc-butóxido potásico es más básico que el isopropóxido potásico y éste más que el metóxido potásico. La introducción de átomos fuertemente electronegativos sobre el carbono que porta el hidroxilo hace aumentar considerablemente la acidez.

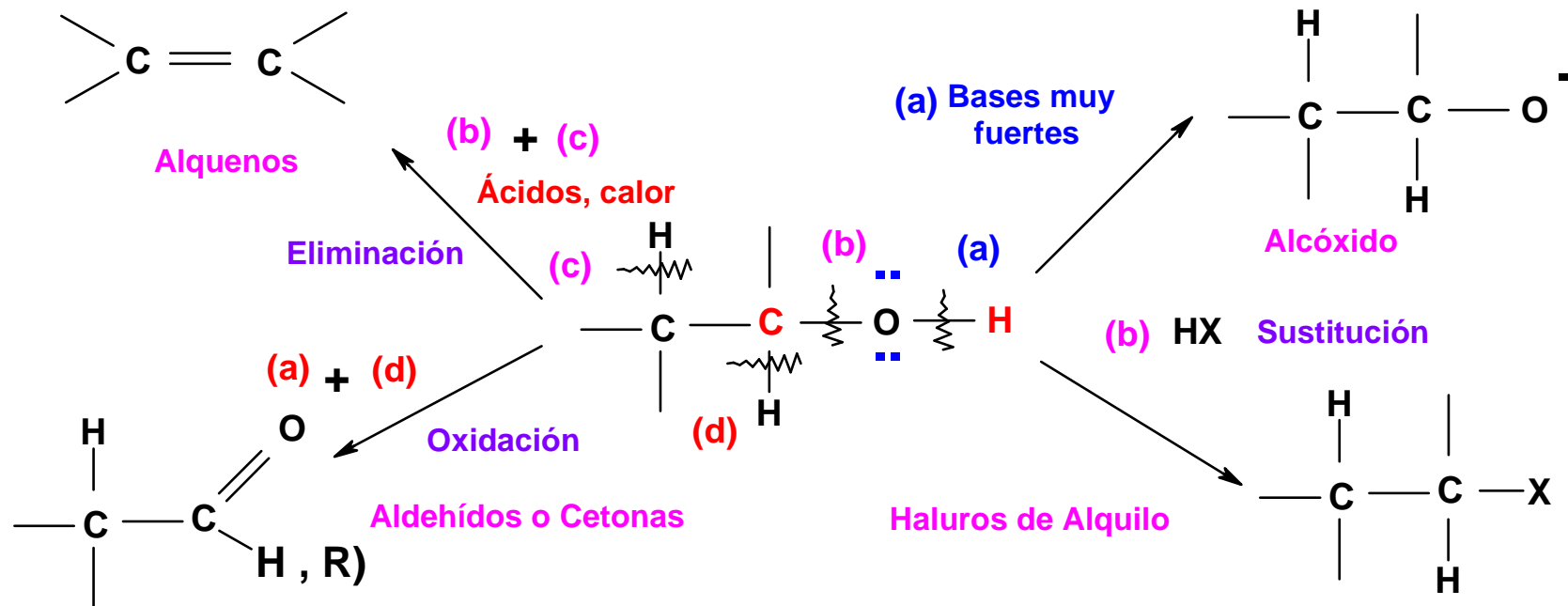
Tabla II. Acidez de los alcoholes

Compuesto	pK _A	Compuesto	pK _A
HOH	15, 7	(CH ₃) ₃ COH	18, 0
CH ₃ OH	15, 5	(CF ₃) ₂ CHOH	12, 4
CH ₃ CH ₂ OH	15, 9	(CF ₃) ₃ COH	5, 4
(CH ₃) ₂ CHOH	17, 1	ClH	- 7, 0

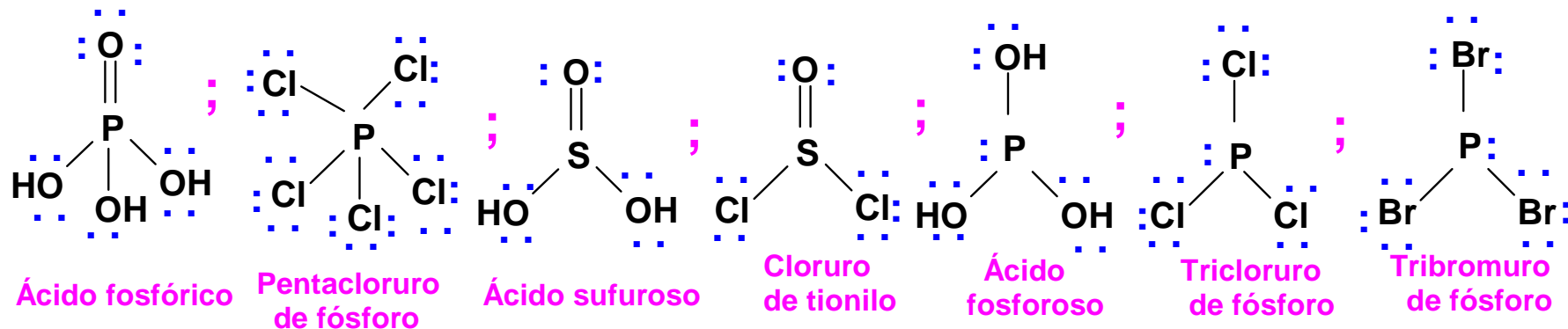


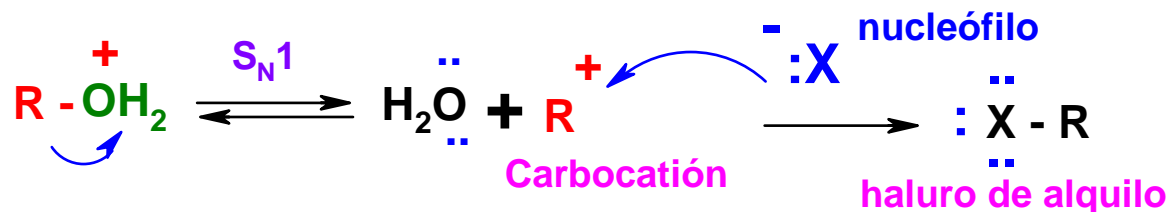
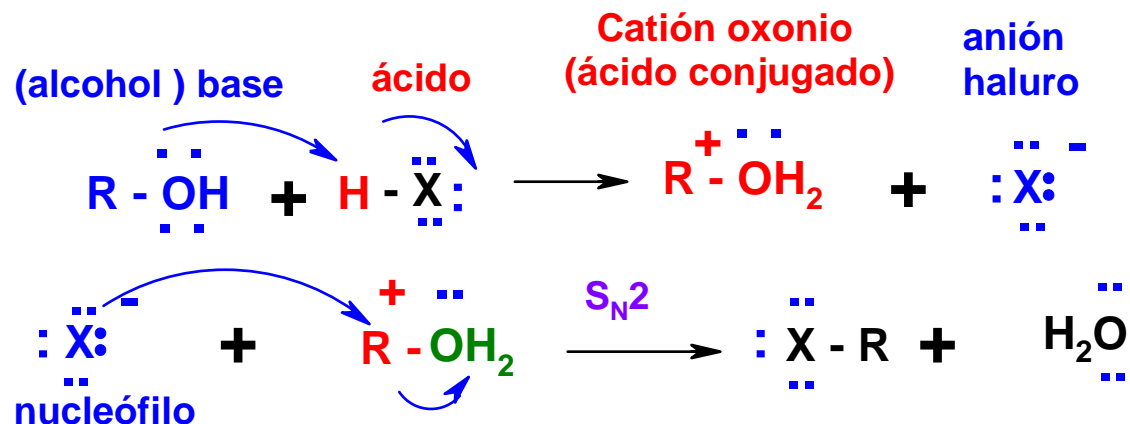


Propiedades químicas de los alcoholes

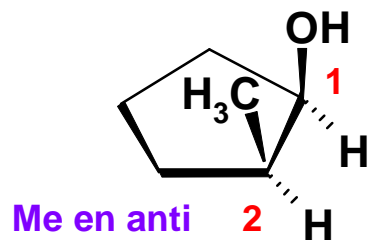


Reacciones de sustitución: Conversión de los alcoholes en haluros de alquilo

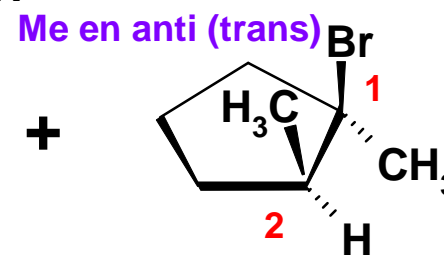
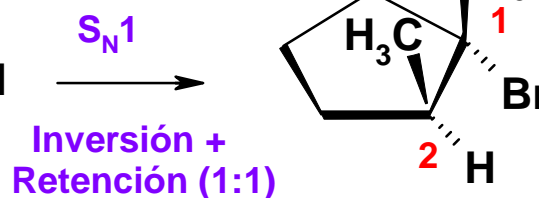
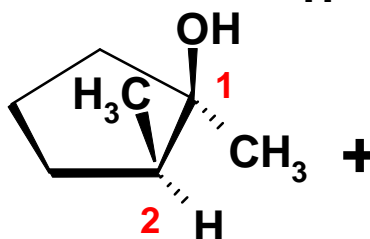
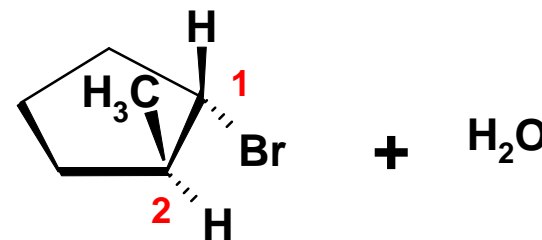




(±)-cis-2-metil-ciclopentanol



(±)-trans-1-bromo-2-metil-ciclopentanol

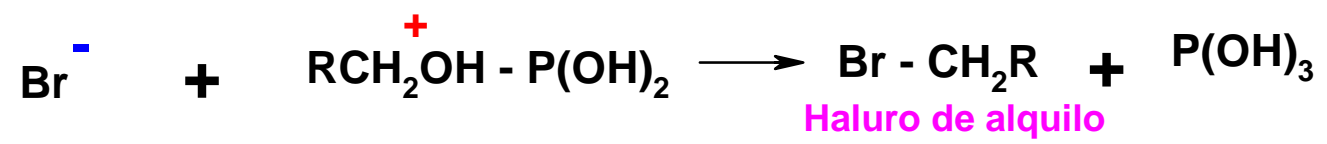
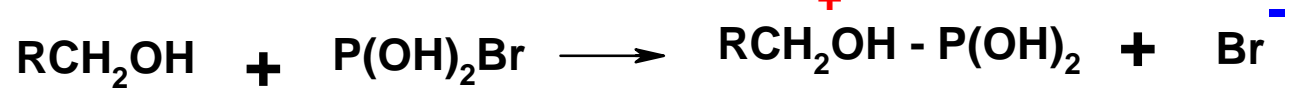
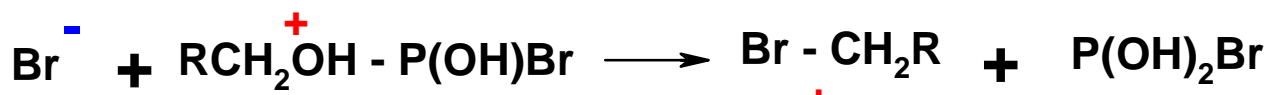
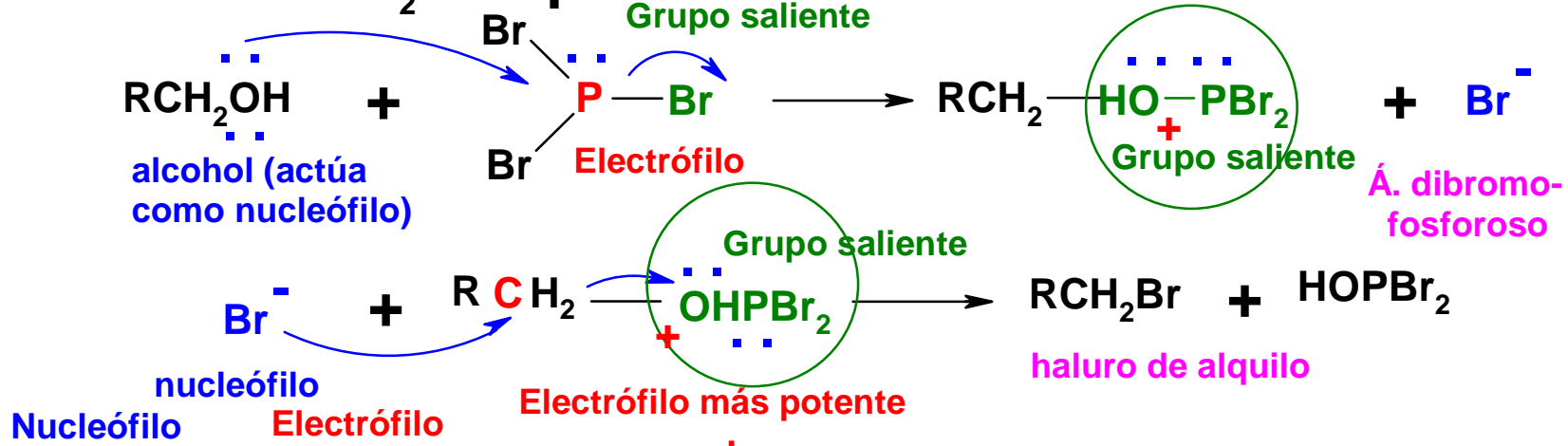
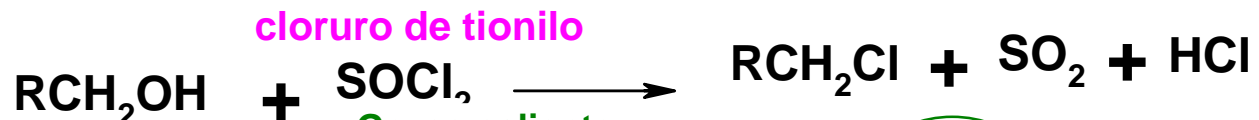
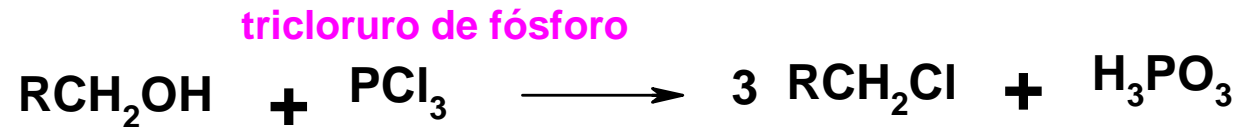
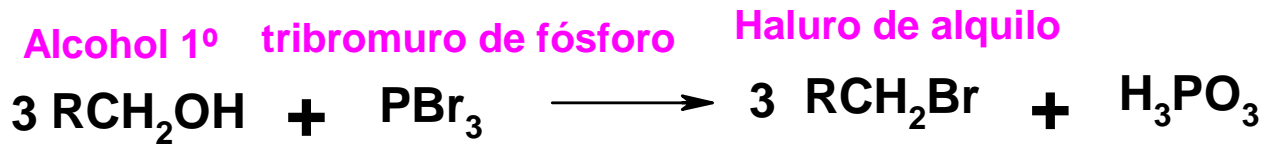


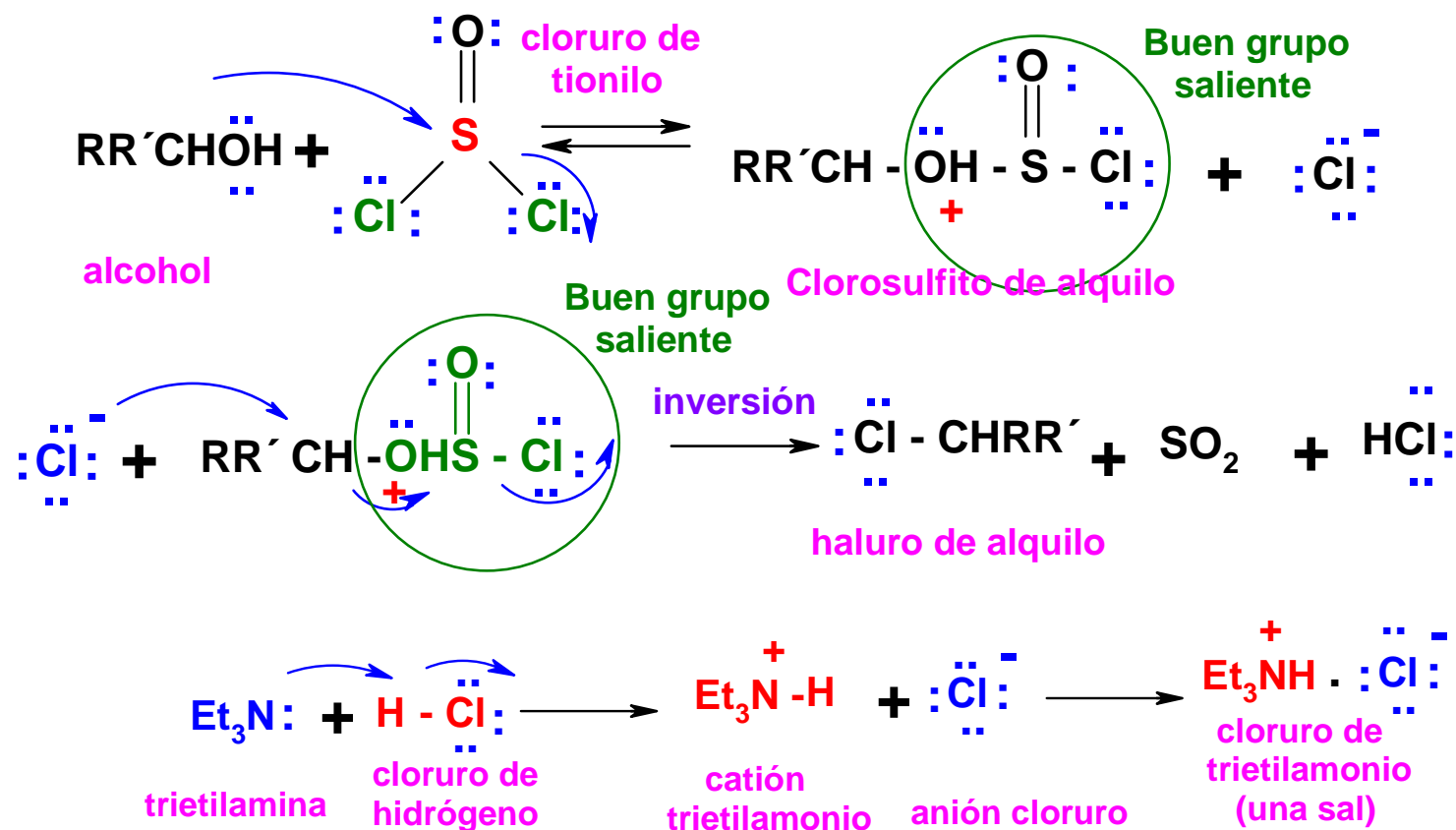
(±)-cis-1,2-dimetil-ciclopentanol

(±)-1-bromo-cis-1,2-dimetil-ciclopentano

(±)-1-bromo-trans-1,2-dimetil-ciclopentano

LECCIÓN 9

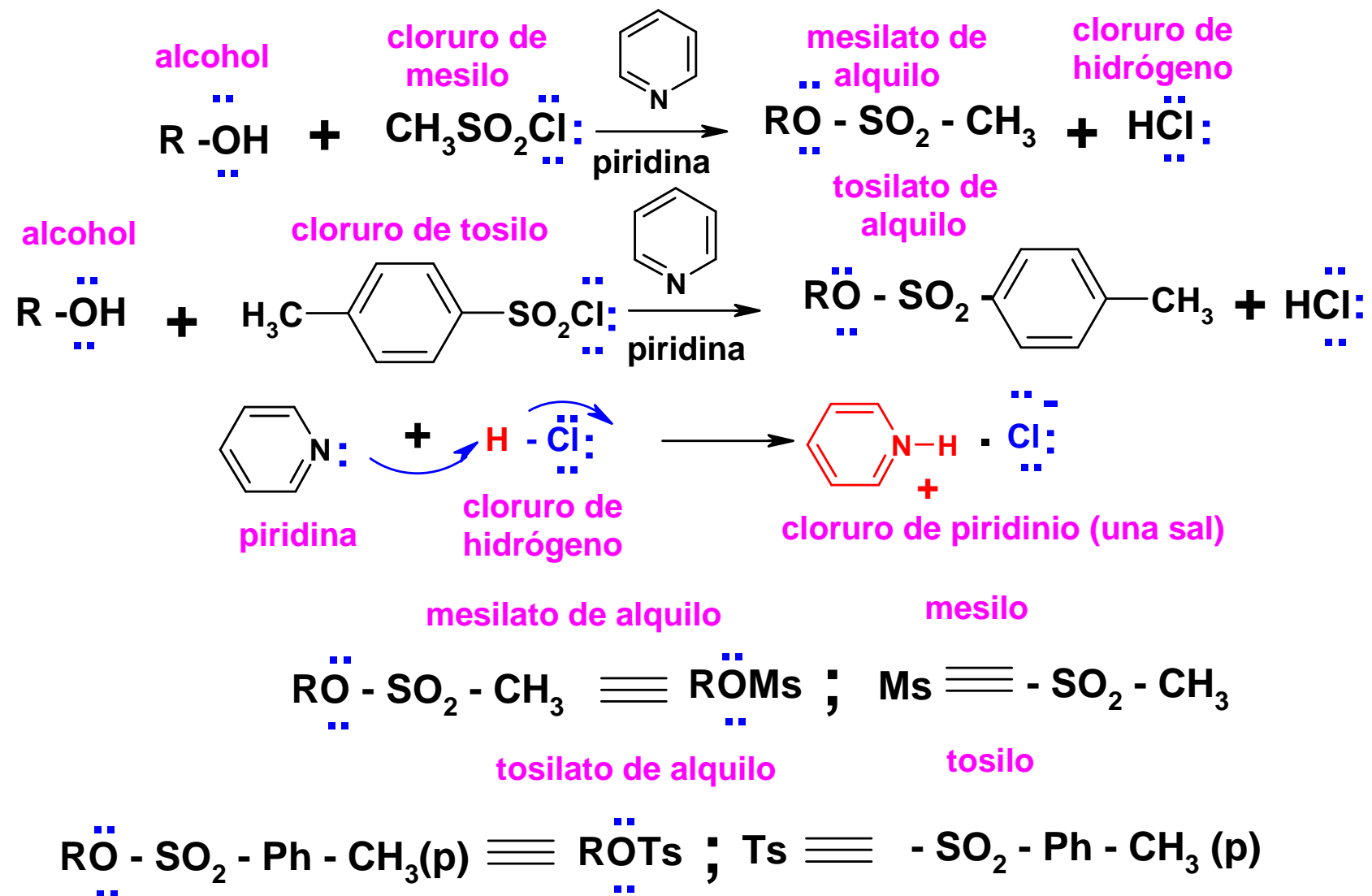


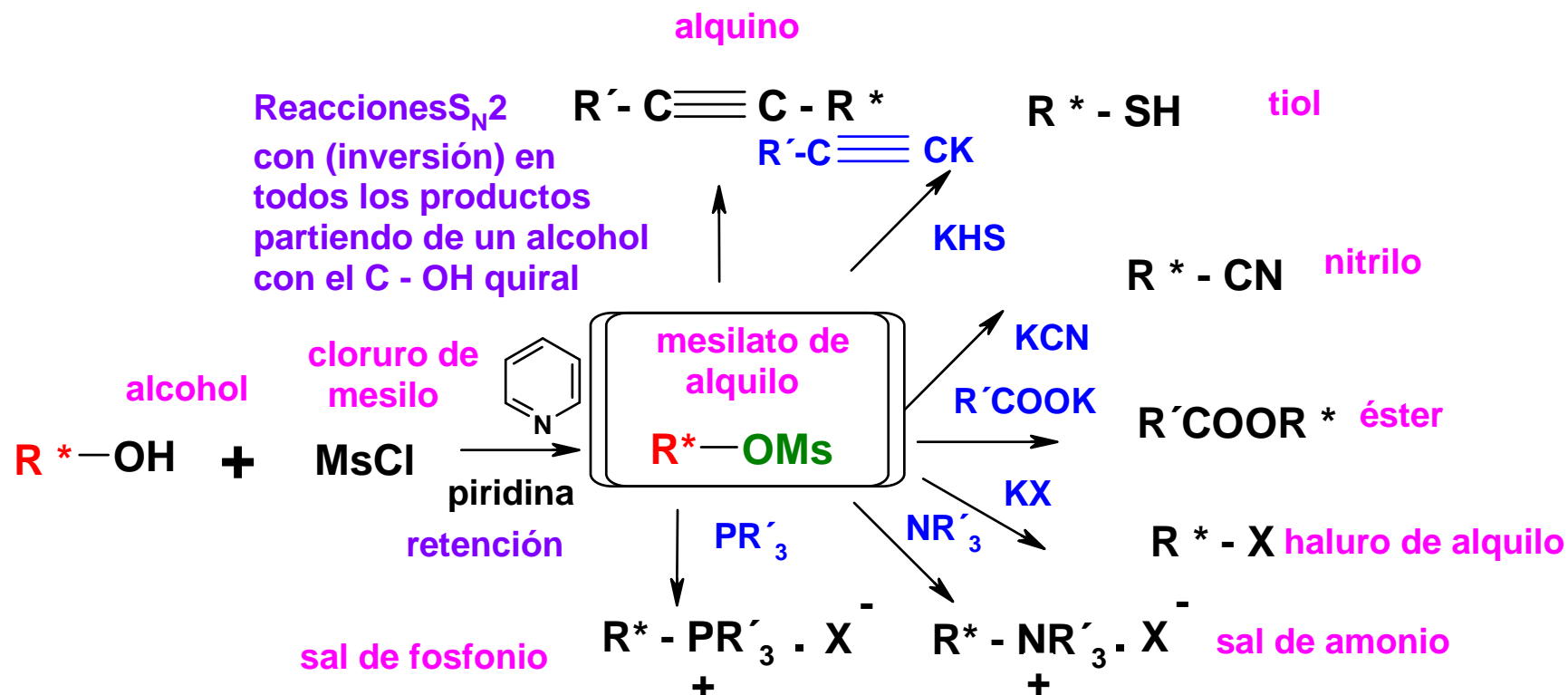


Reacciones de sustitución vía tosilatos de alquilo

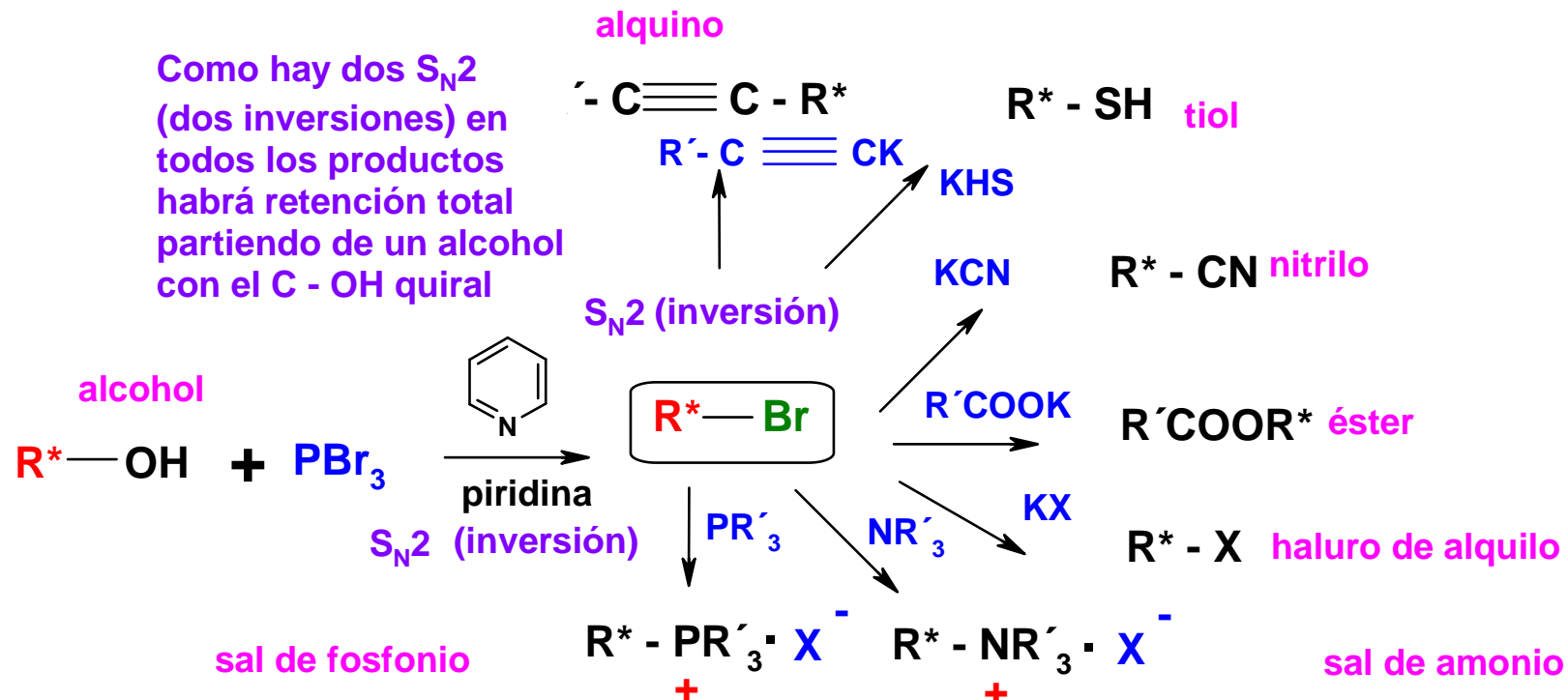
El C que porta el OH es deficiente en electrones (**electrófilo**) y por tanto los alcoholes podrían dar reacciones S_N previa conversión del grupo hidroxilo en un buen grupo saliente. Esto puede hacerse transformando los alcoholes bien en haluros de alquilo tal como explicamos anteriormente, bien en ésteres sulfónicos (**mesilato o tosilato**) que se comportan como excelentes grupos salientes. Los dos métodos pueden ser complementarios desde el punto de vista estereoquímico, **pues los haluros se obtienen con inversión sobre el C del OH y los ésteres sulfónicos con retención del mismo carbono.**

Preparación de mesilatos y tosilatos



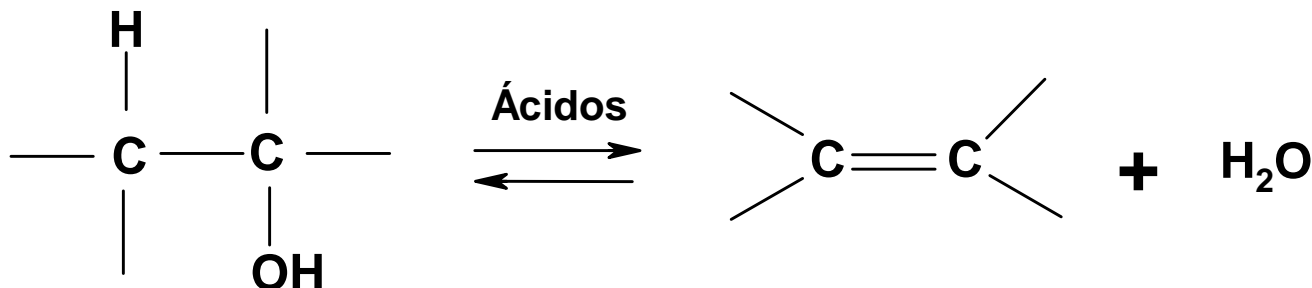


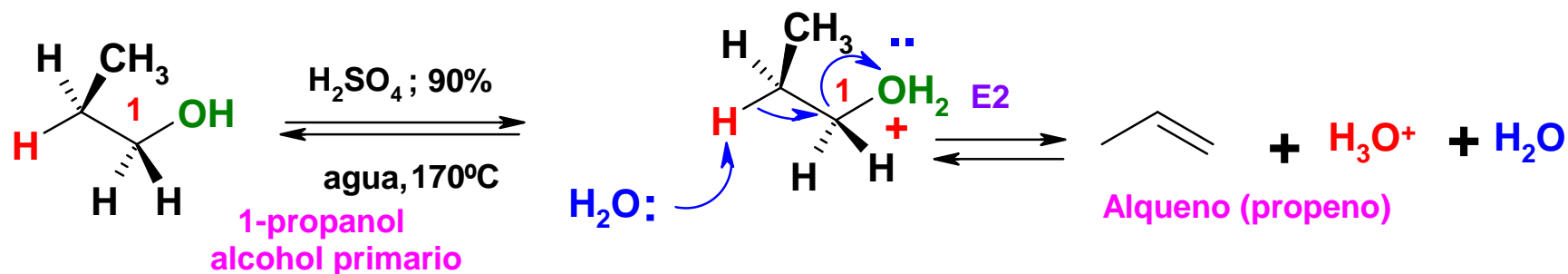
Las reacciones anteriores son prácticamente idénticas a las que se pueden efectuar partiendo de un haluro de alquilo. Como los alcoholes se convierten en mesilatos o tosilatos de alquilo con retención, es posible obtener (partiendo de un alcohol con el C del OH quiral) los productos finales con inversión en el citado carbobo, si sometemos el mesilato o tosilato a una reacción S_N2 con un nucleófilo adecuado. Por otro parte, si transformamos el alcohol en un haluro de alquilo con inversión y después sometemos el haluro a una S_N2 con los mismos nucleófilos anteriores, se pueden obtener los mismos productos finales con retención (téngase en cuenta que una doble inversión es equivalente a una retención).



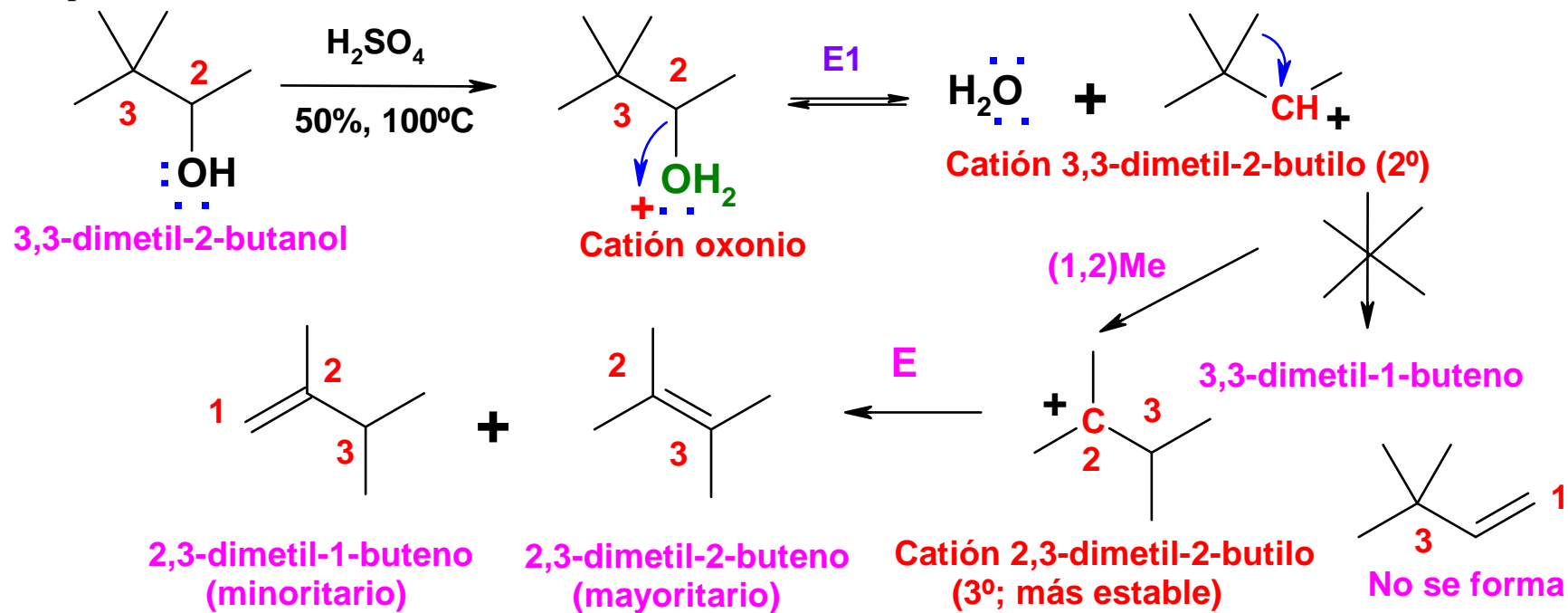
Reacciones de eliminación de los alcoholes

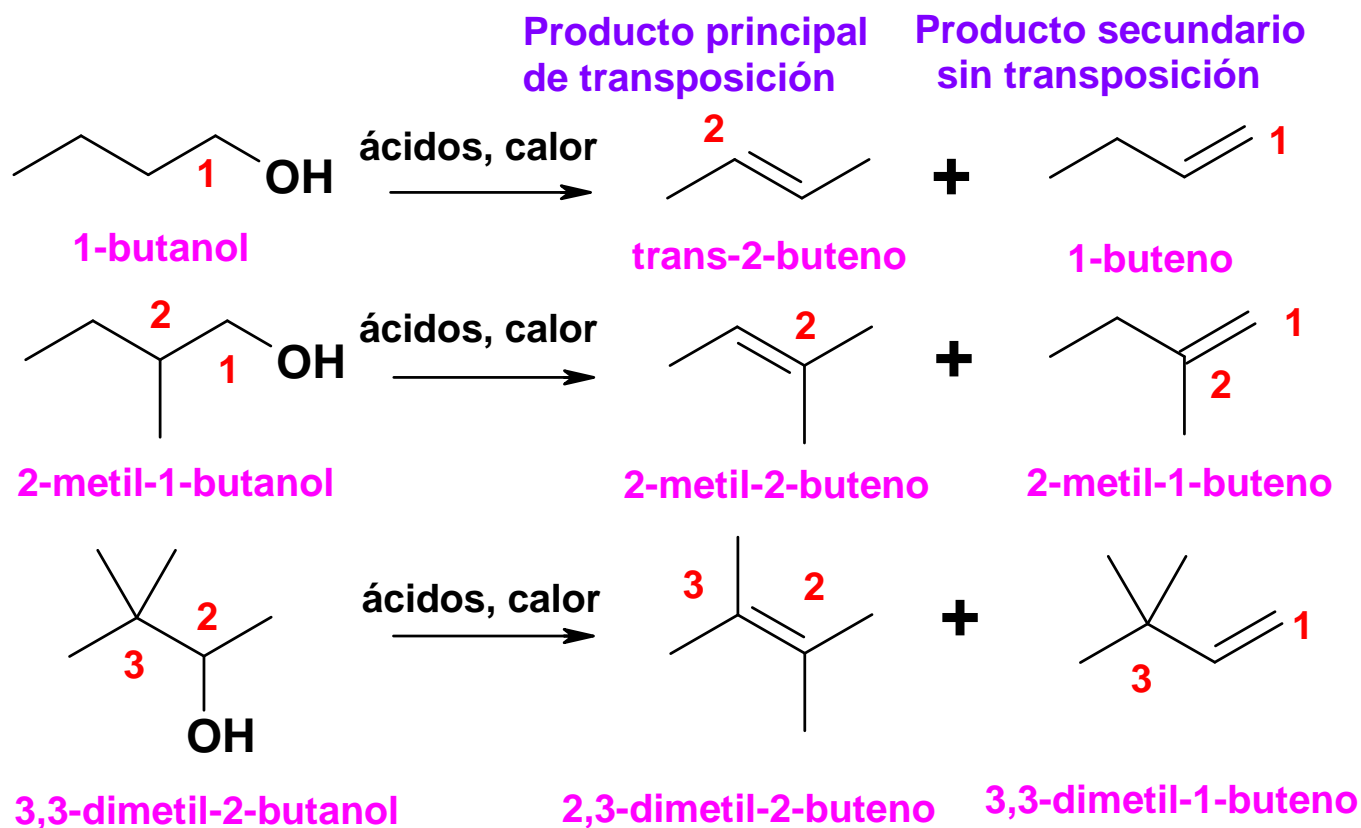
Los alcoholes pueden convertirse en alquenos por calentamiento con ácidos minerales acuosos y concentrados (H₂SO₄, H₃PO₄, etc.). La reacción es reversible y la posición de equilibrio depende de las condiciones experimentales



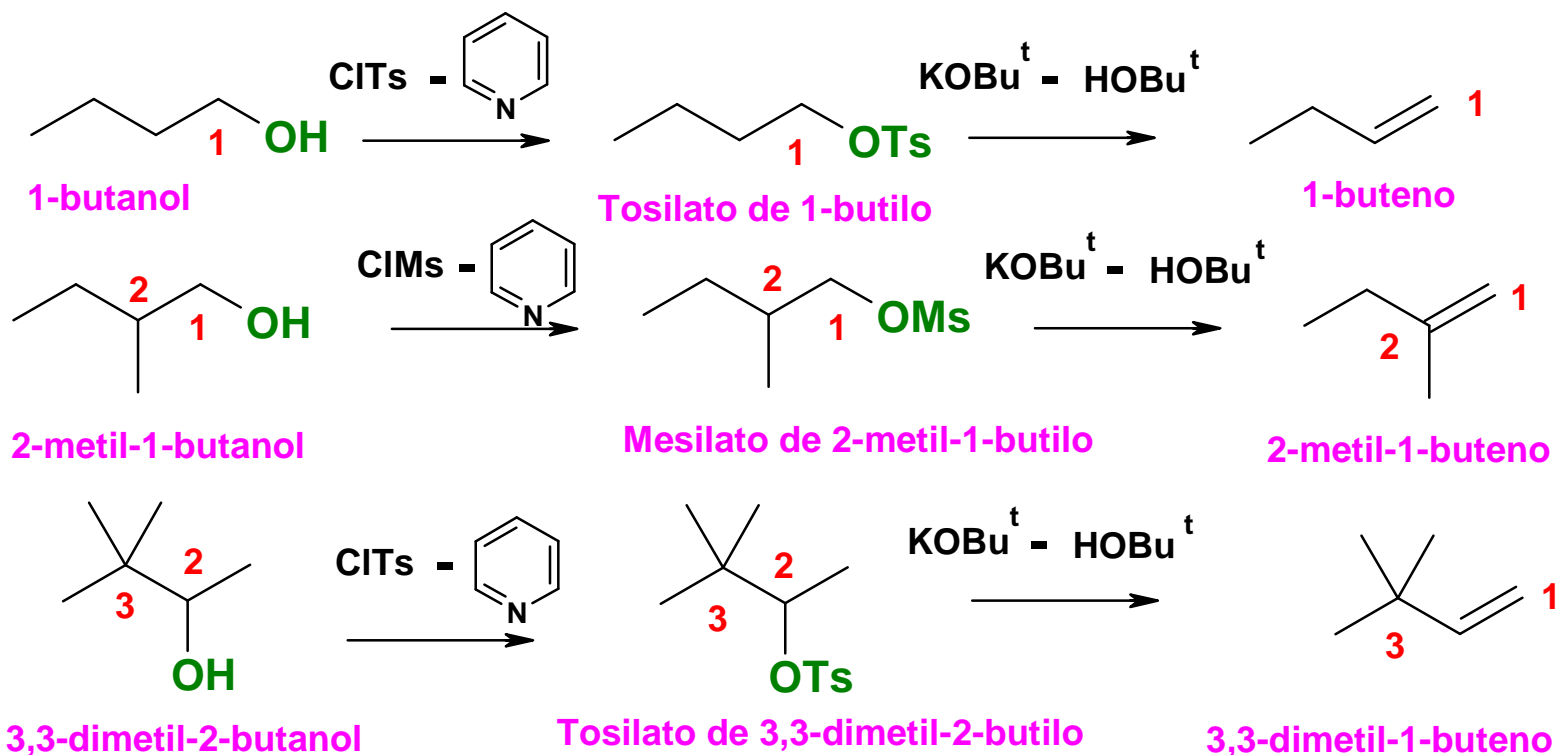


La reactividad de los alcoholes en la deshidratación sigue el orden $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$ y el mecanismo de la reacción varía en función del tipo de alcohol. Los primarios se deshidratan a través de una E2, mientras que los secundarios y terciarios lo hacen a través de una E1, con lo que es frecuente la aparición de productos de transposición, originando productos con diferente esqueleto carbonado respecto al compuesto de partida:



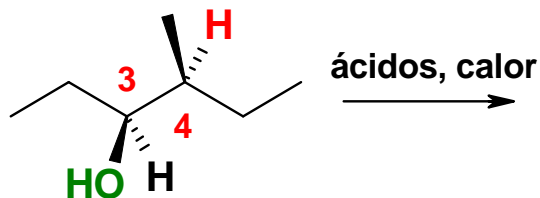


Es posible evitar las transposiciones convirtiendo el alcohol primario o secundario en un mesilato o tosilato y tratándolo con una base fuerte y voluminosa como el terc-butóxido potásico. Cuando el alcohol es terciario, la eliminación en medio ácido siempre es E1, pero se puede efectuar la E2 tratando el alcohol con POCl₃ en piridina. El primer reactivo convierte el ROH en ROPOCl₂ y luego la piridina actuando como base, provoca la eliminación E2 para formar el alqueno. En medio alcalino (KOBu-t) los alcoholes terciarios dan eliminación E2.

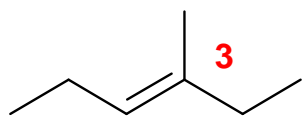


Los alcoholes terciarios suelen deshidratarse en medio ácido a través de una E1 y la ventaja de que la reacción marche por una E2 radica tanto en que pueden evitarse las posibles transposiciones, como en la estereoespecificidad de la E2 que conduce a un único diastereómero, mientras que a través de la E1 se pueden obtener mezcla de varios productos que a su vez pueden ser una mezcla de diastereómeros E y Z (cis y trans) en el doble enlace. En la diapositiva siguiente ponemos un ejemplo de deshidratación de un alcohol terciario en medio ácido y en medio básico.

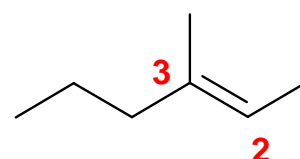
(±)-treo-4-metil-3-hexanol



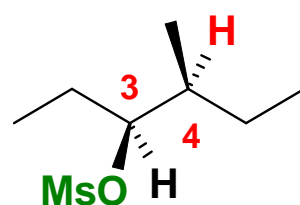
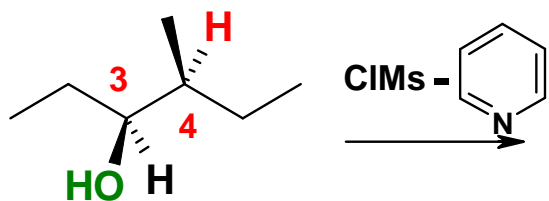
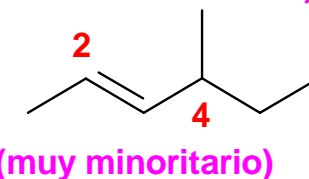
3-metil-3-hexeno
(mezcla de E>>Z)



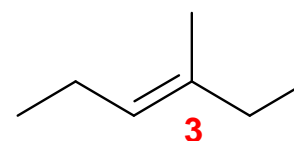
3-metil-2-hexeno
(mezcla de E>>Z)



4-metil-2-hexeno
(mezcla de trans>>cis)



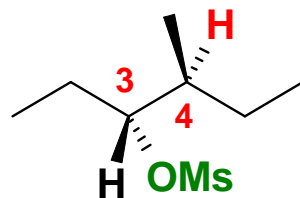
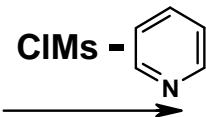
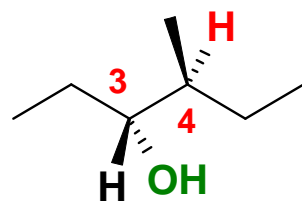
KOBu^t - HOBU^t



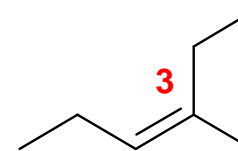
(±)-treo-4-metil-3-hexanol

(±)-Mesilato de treo-(4-metil)-3-hexilo

3-metil-3E-hexeno



KOBu^t - HOBU^t



(±)-eritro-4-metil-3-hexanol

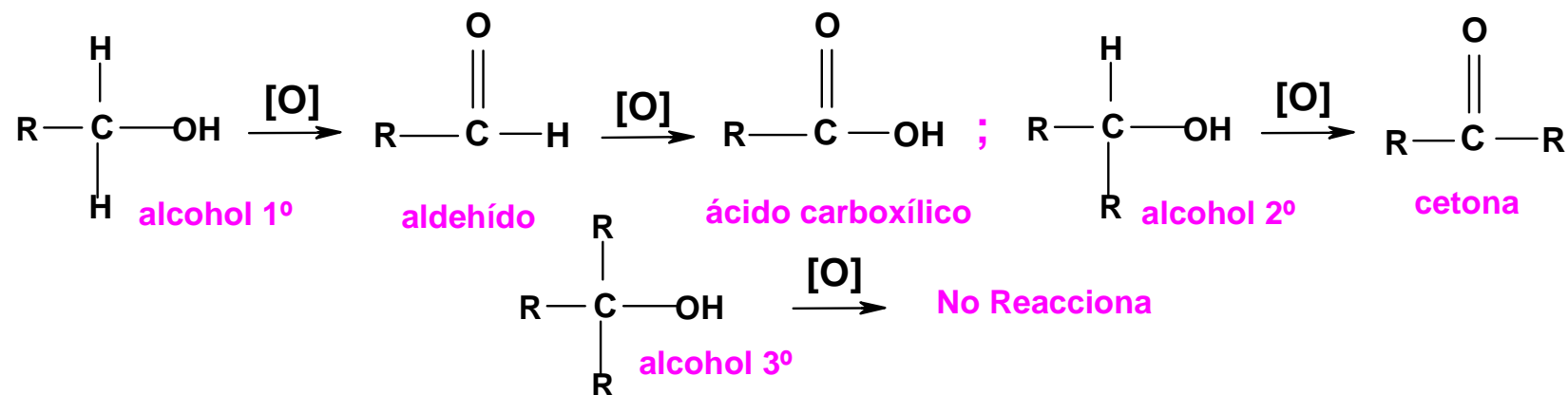
(±)-Mesilato de eritro-(4-metil)-3-hexilo

3-metil-3Z-hexeno

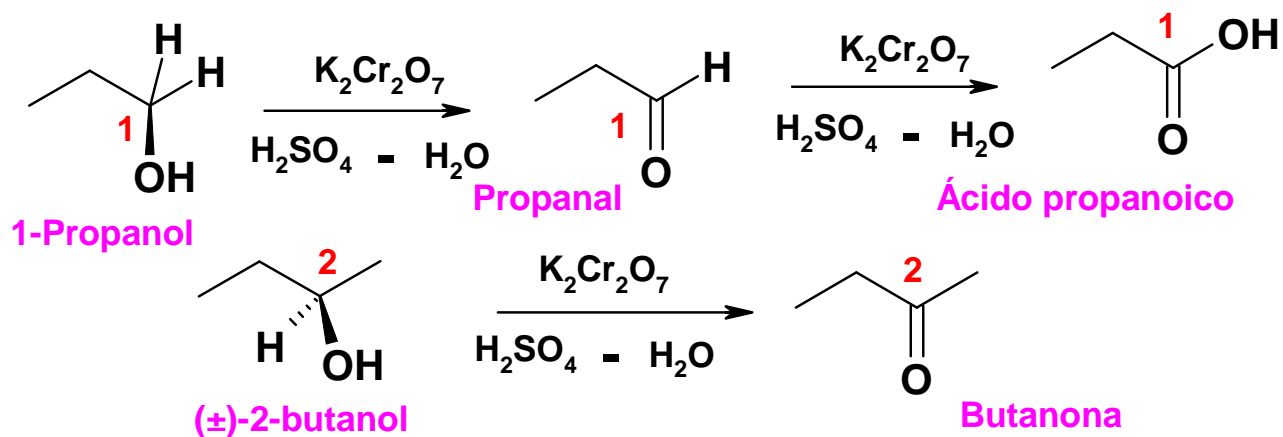
Cuando la formación del mesilato sea difícil, se puede recurrir al POCl₃ en piridina.

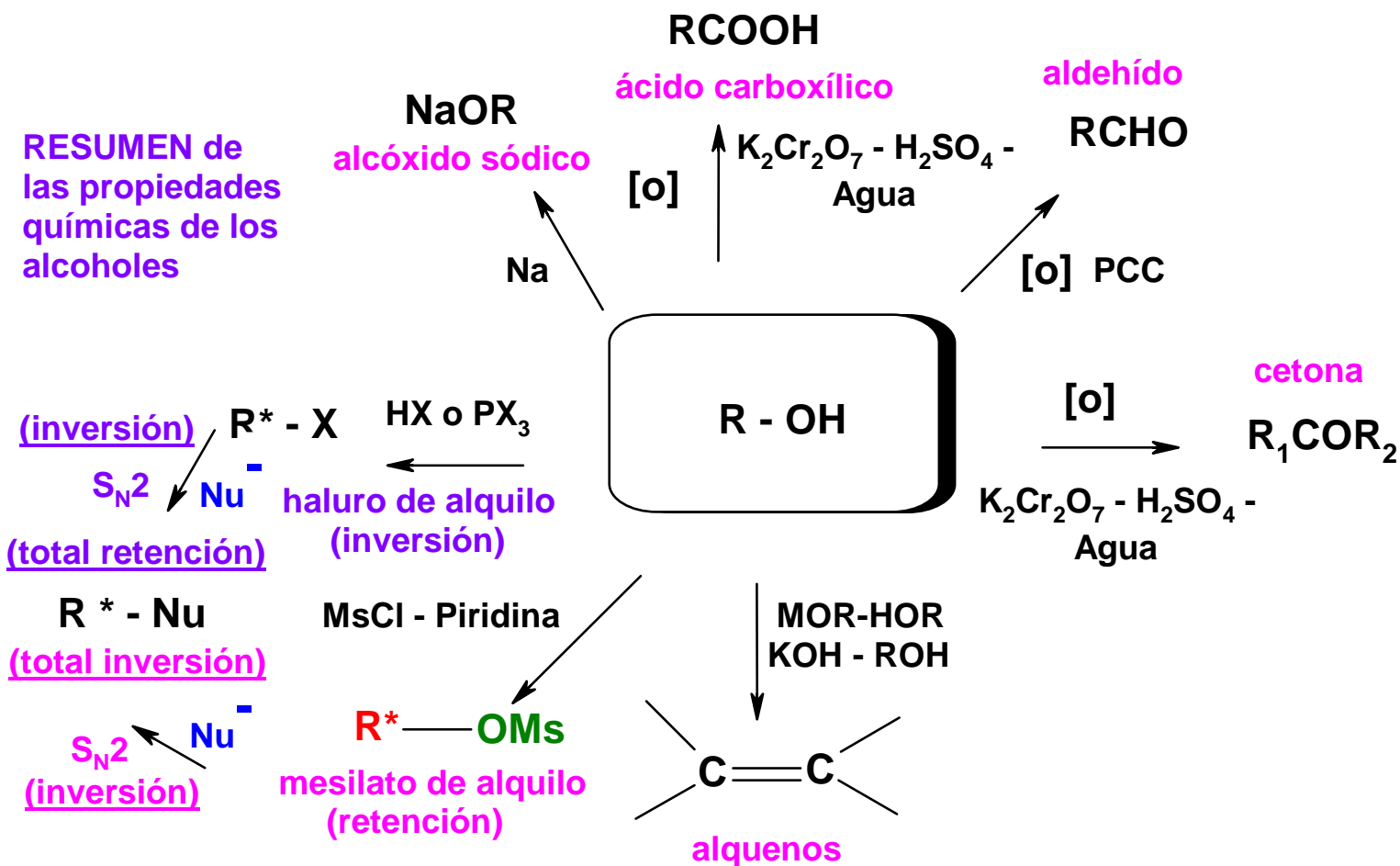
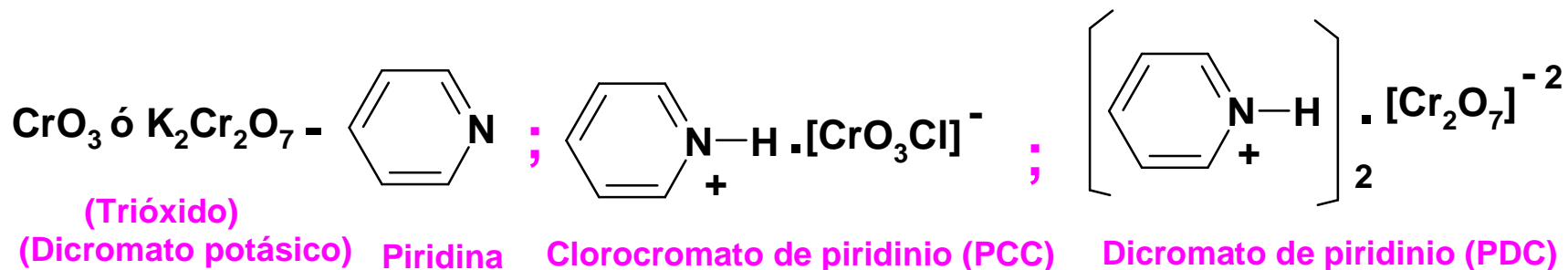
Oxidación de alcoholes

Los alcoholes primarios se oxidan a aldehídos, los secundarios a cetonas y los terciarios no se oxidan. Conviene tener en cuenta que los aldehídos en condiciones enérgicas pueden oxidarse a ácidos carboxílicos:

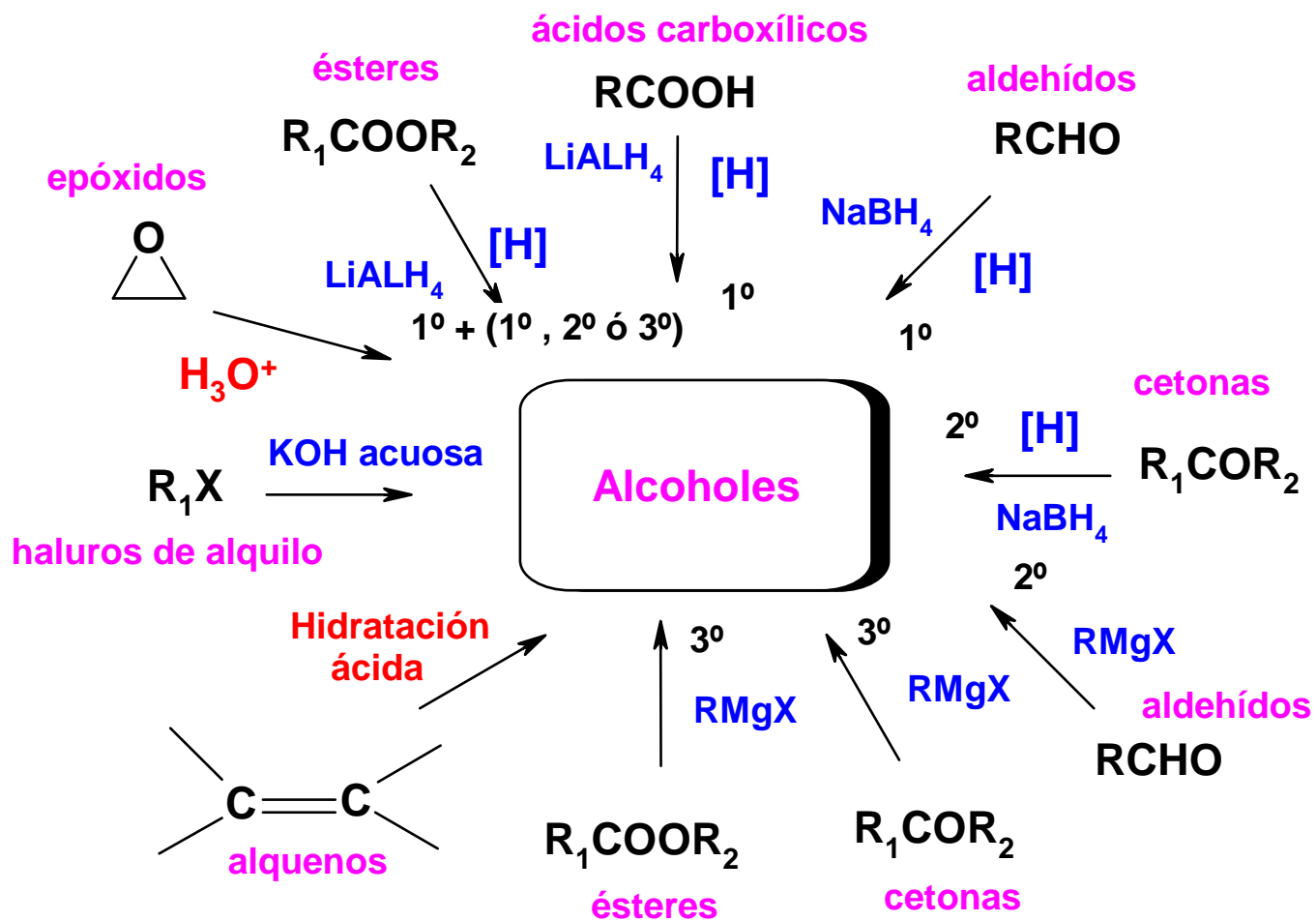


Los reactivos más usados son: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CrO_3 , [ambos son reactivos de Cr (VI)] que se usan en medios ácidos (H_2SO_4) o básicos (piridina), KMnO_4 (reactivo de Mn VII) que siempre debe usarse en medio alcalino.

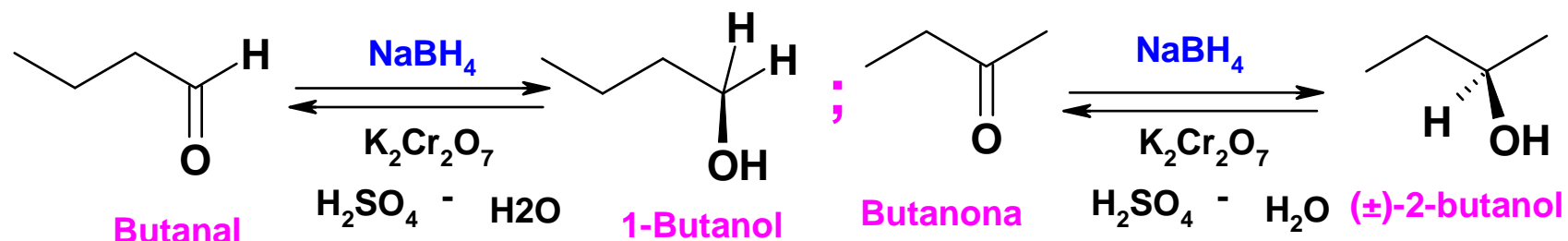




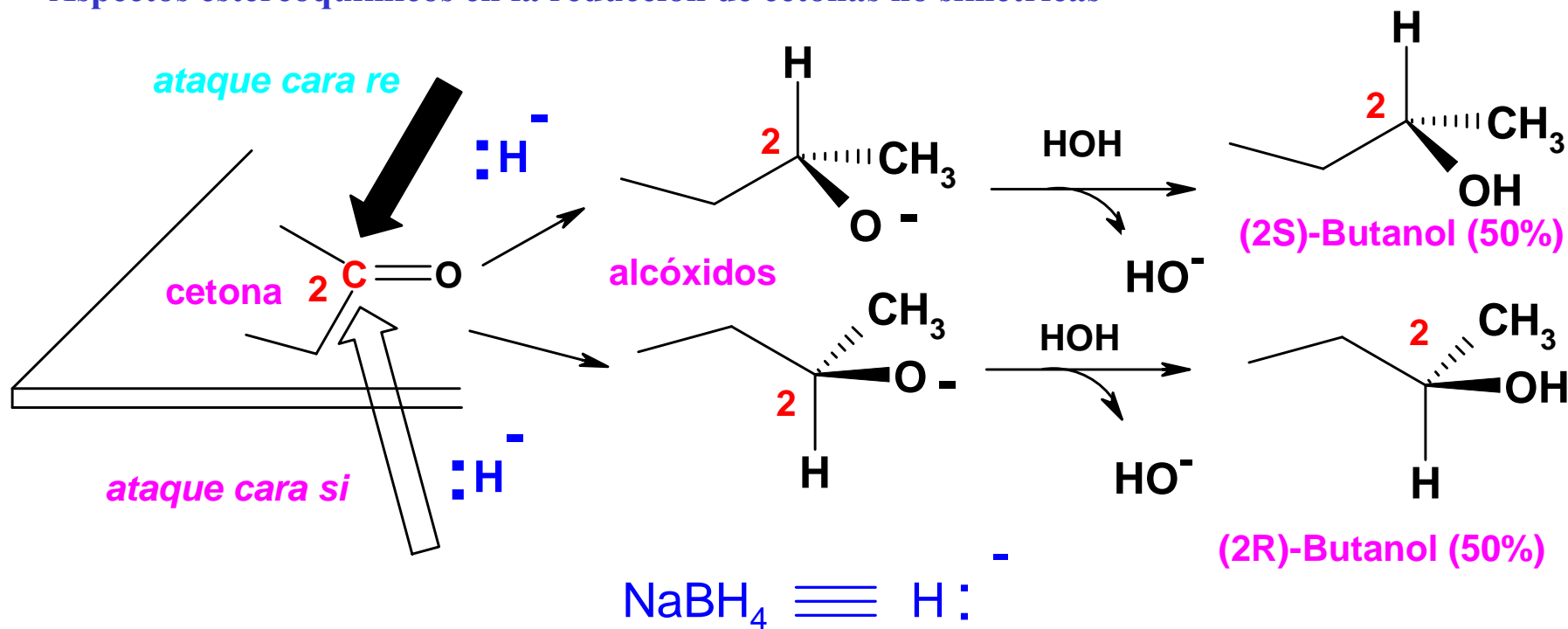
Métodos de preparación de alcoholes

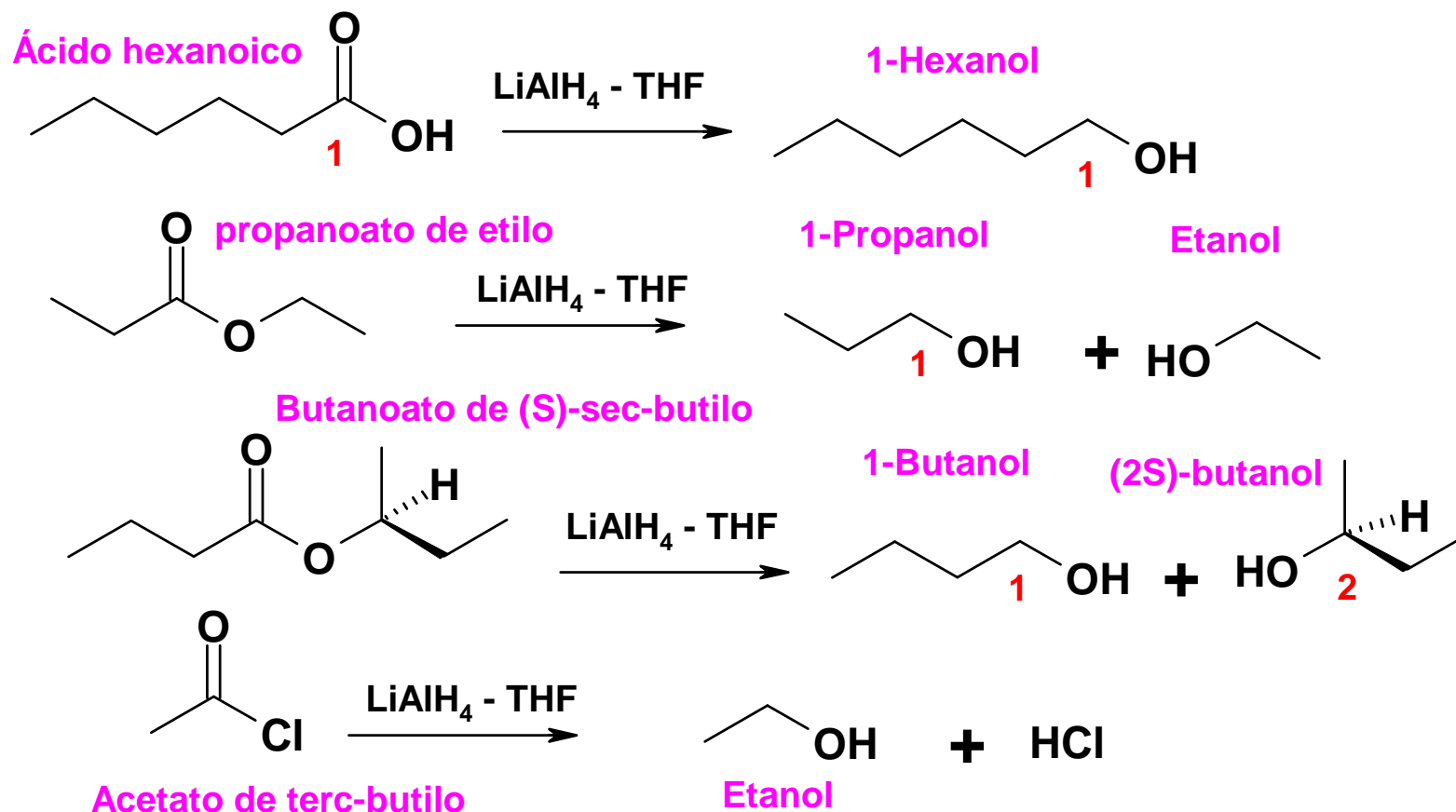


Reducción de aldehídos, cetonas, ésteres, cloruros de ácido y ácidos



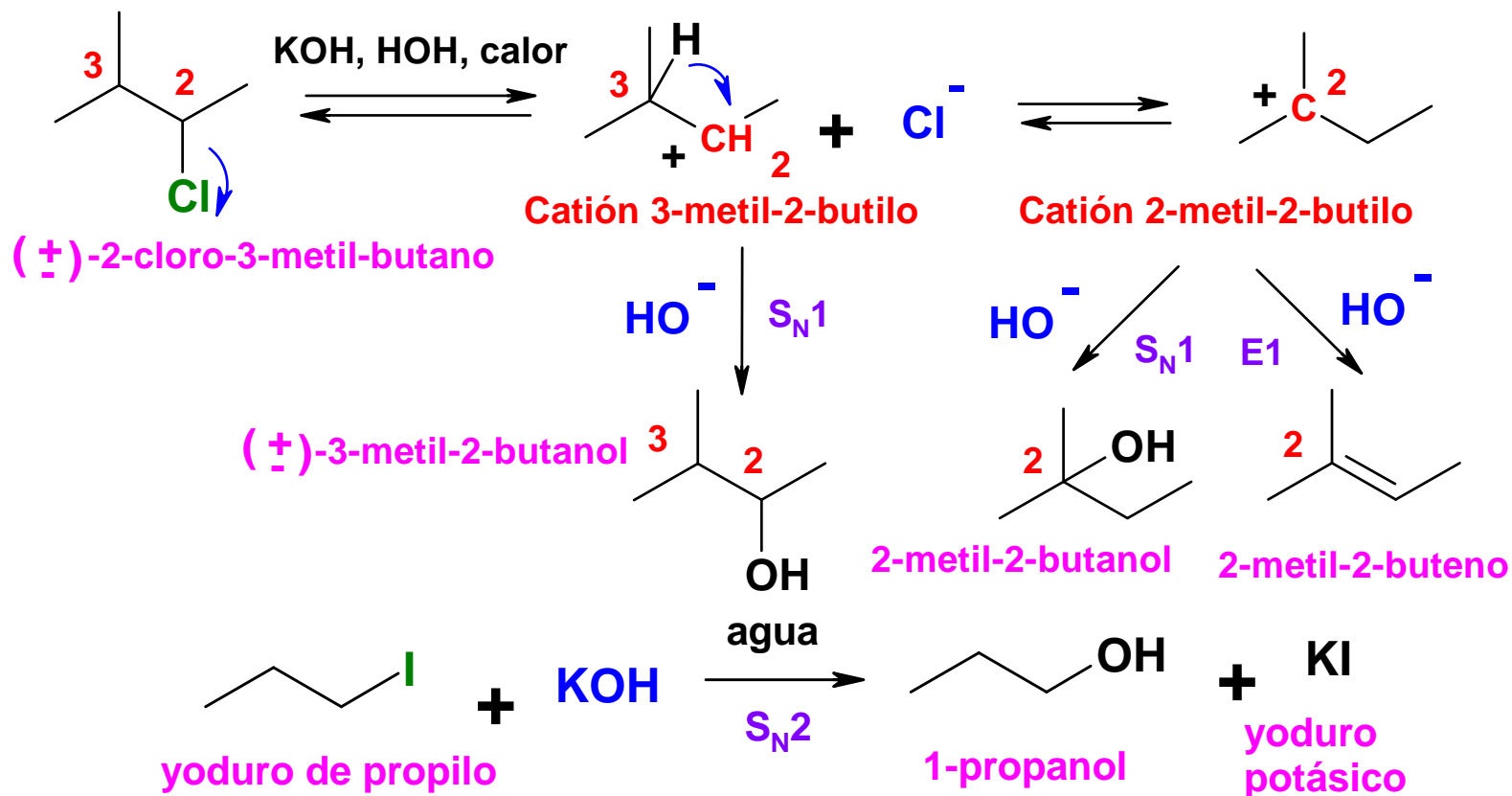
Aspectos estereoquímicos en la reducción de cetonas no simétricas



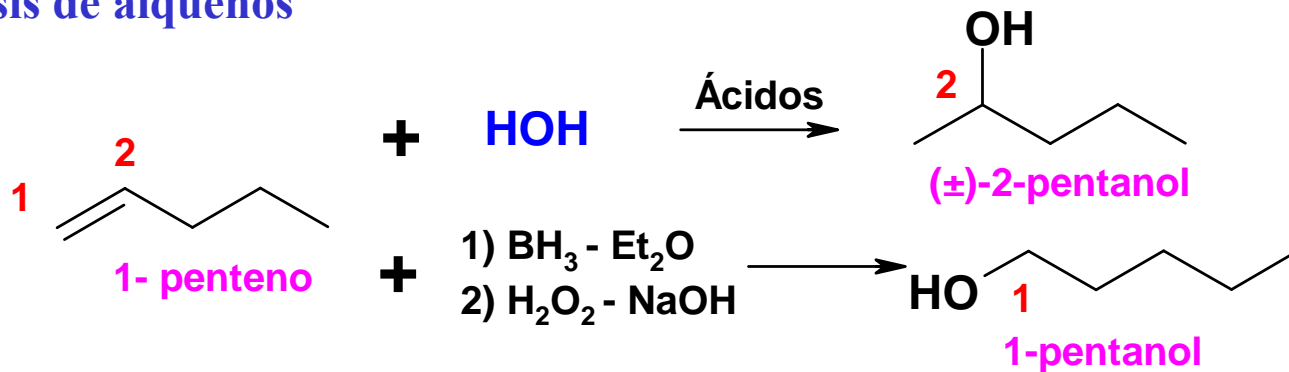


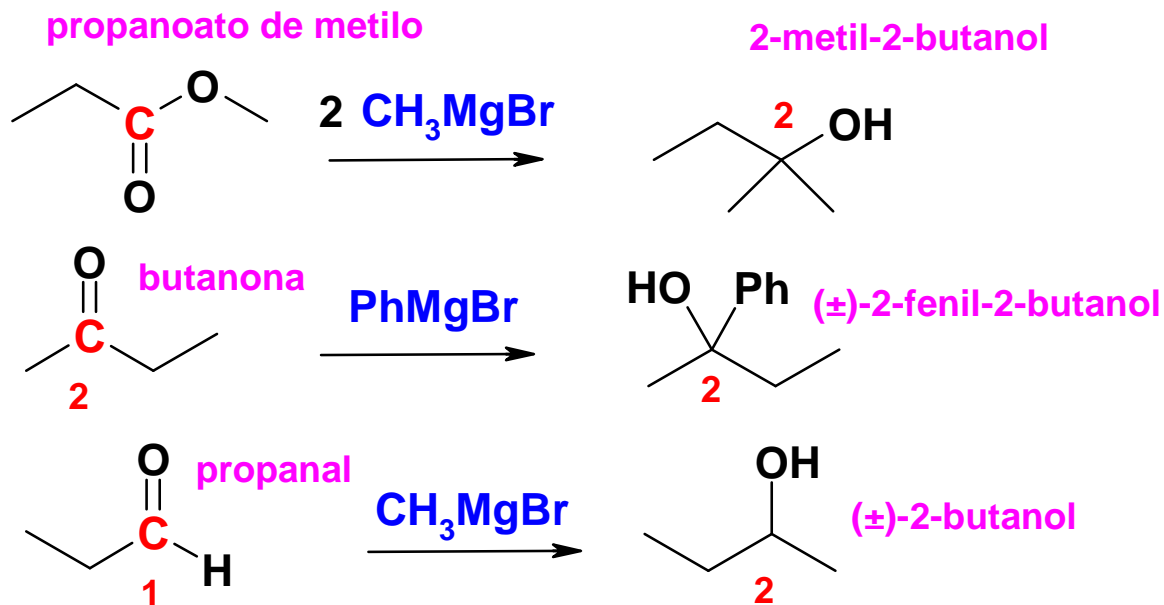
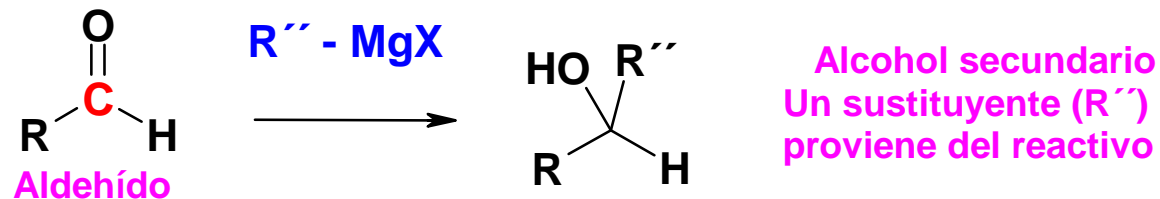
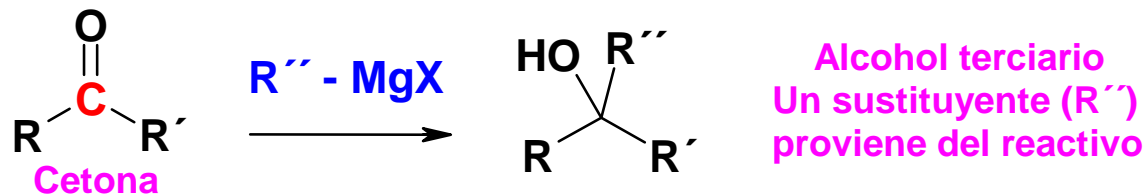
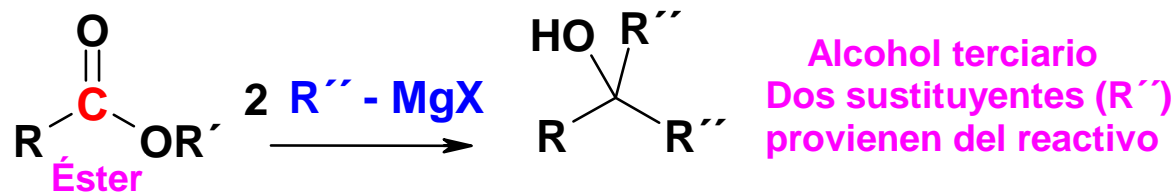
Hidrólisis de los haluros de alquilo

Estudiada en la Lección 6. Pueden ir por S_N1 (2º y 3º) o por la S_N2 (los primarios y metílicos). Se puede hacer tratando con KOH acuosa y hay que tener en cuenta que es frecuente que compita la eliminación, lo que puede reducirse efectuando la reacción en agua y a bajas temperaturas.

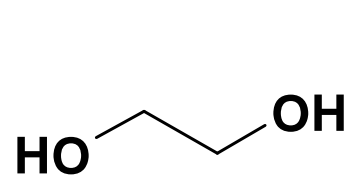
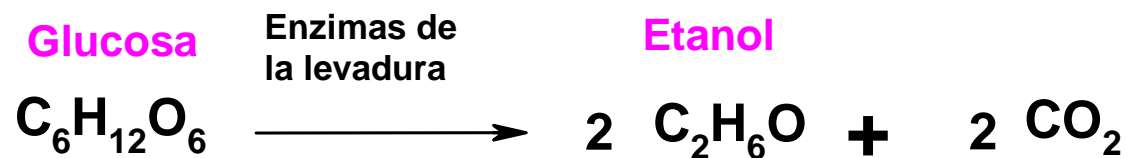
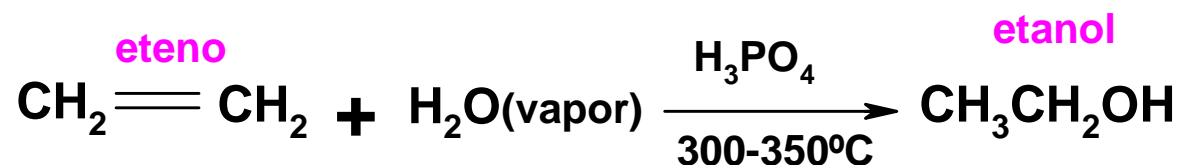
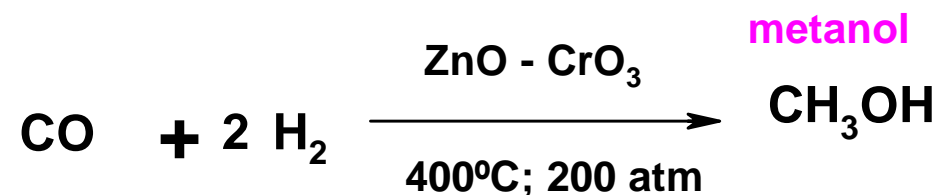


Hidrólisis de alquenos

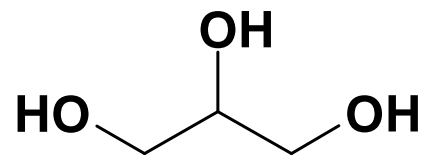




Alcoholes de importancia industrial y biológica

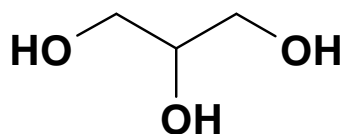


etanodiol (glicol)

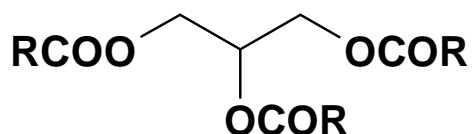


propanotriol (glicerina)

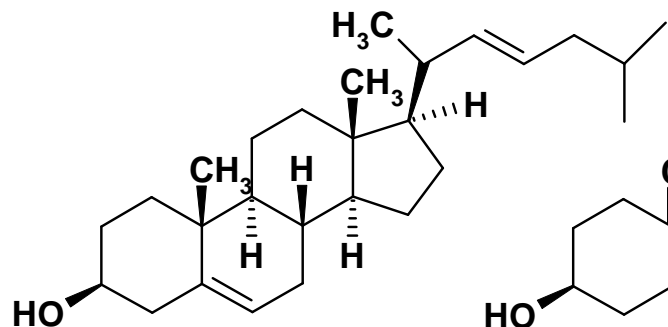
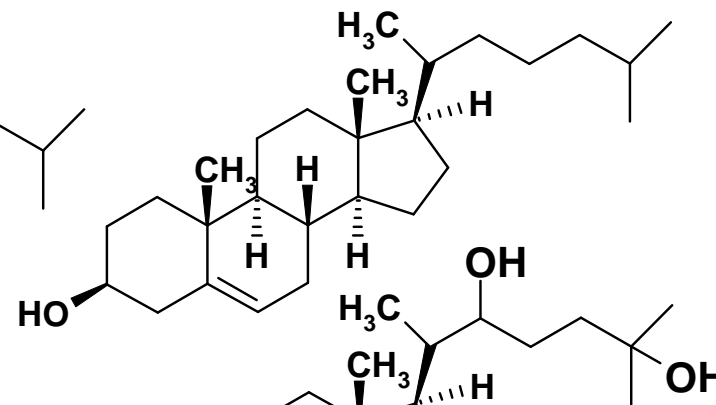
Propanotriol (glicerina)



Triglicérido

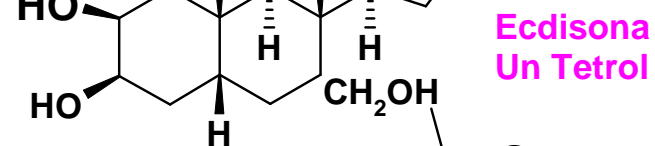
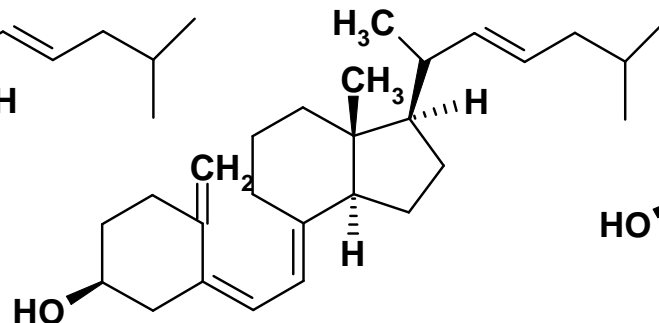


Colesterol

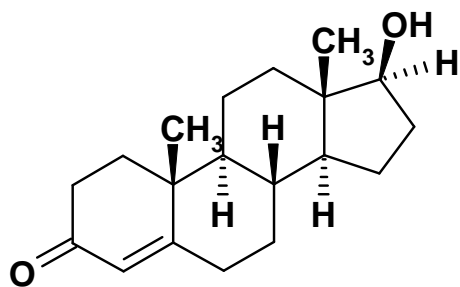


Ergosterol

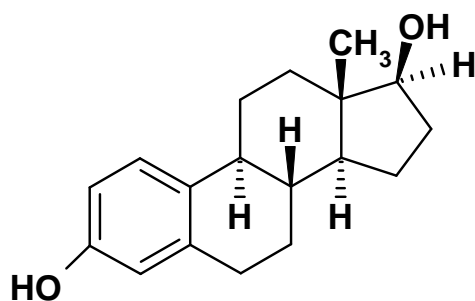
Vitamina D
Un Alcohol y un tetraeno



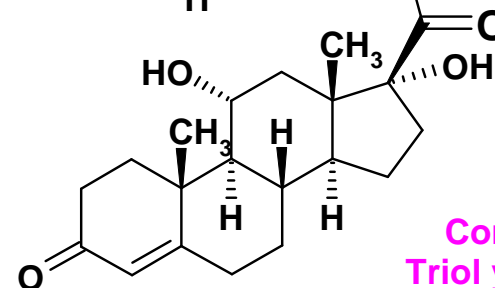
Ecdisona
Un Tetrol



Testosterona
Alcohol y Cetona

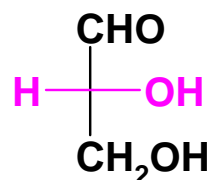


Estradiol
Un Alcohol y un Fenol



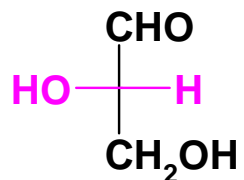
Cortisol
Triol y Diketona

Hidratos de carbono



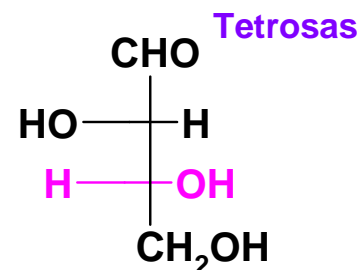
Triosas

D-Gliceraldehído
Serie D. (2R)



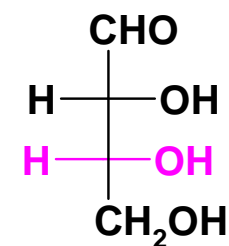
L-Gliceraldehído
Serie L. (2S)

Un carbono estereogénico
Dos enantiómeros. Natural
el de la Serie D.



Tetrosas

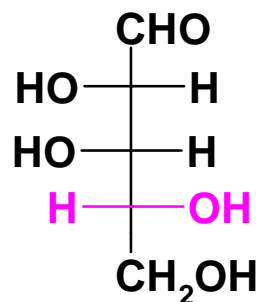
D-Treosa



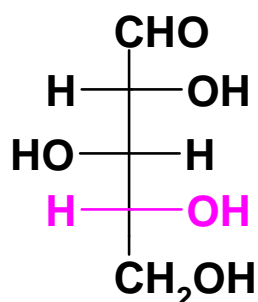
D-Eritrosa

Dos carbonos estereogénicos
Cuatro estereoisómeros
Naturales dos de la Serie D

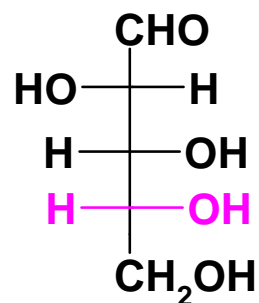
Pentosas



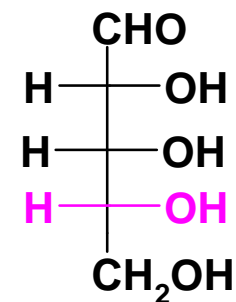
D-Lixosa



D-Xilosa



D-Arabinosa

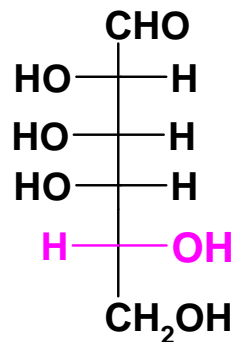


D-Ribosa

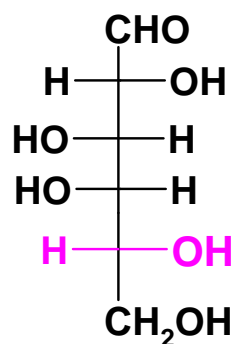
Tres carbonos estereogénicos. Ocho estereoisómeros. Naturales cuatro de la Serie D. La D-(+)-Ribosa y un derivado la (D)-2-desoxi-rribosa forman parte de los ácidos nucleicos conocidos como RNA y DNA, respectivamente.

Hexosas

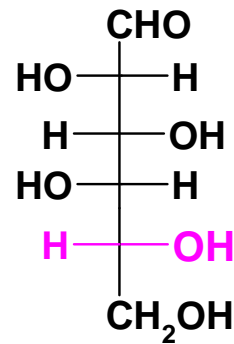
Las hexosas tienen cuatro carbonos estereogénicos.
Dieciseis estereoisómeros. Naturales los ocho de la Serie D



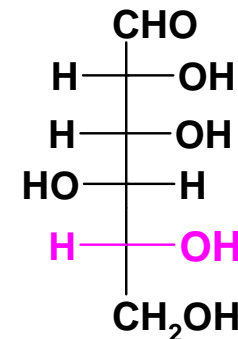
D-Talosa



D-Galactosa

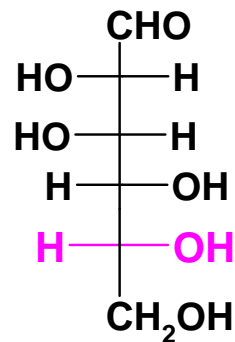


D-Idosa

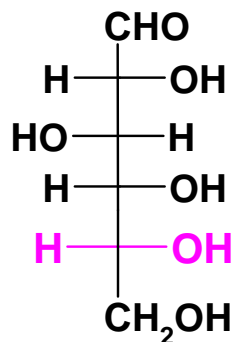


D-Gulosa

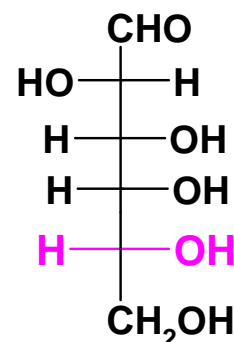
La D-galactosa forma parte de la Lactosa, un disacárido presente en la leche de los mamíferos



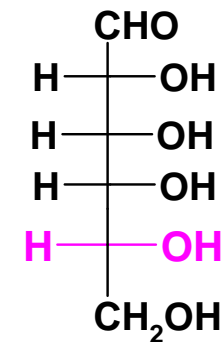
D-Manosa



D-Glucosa



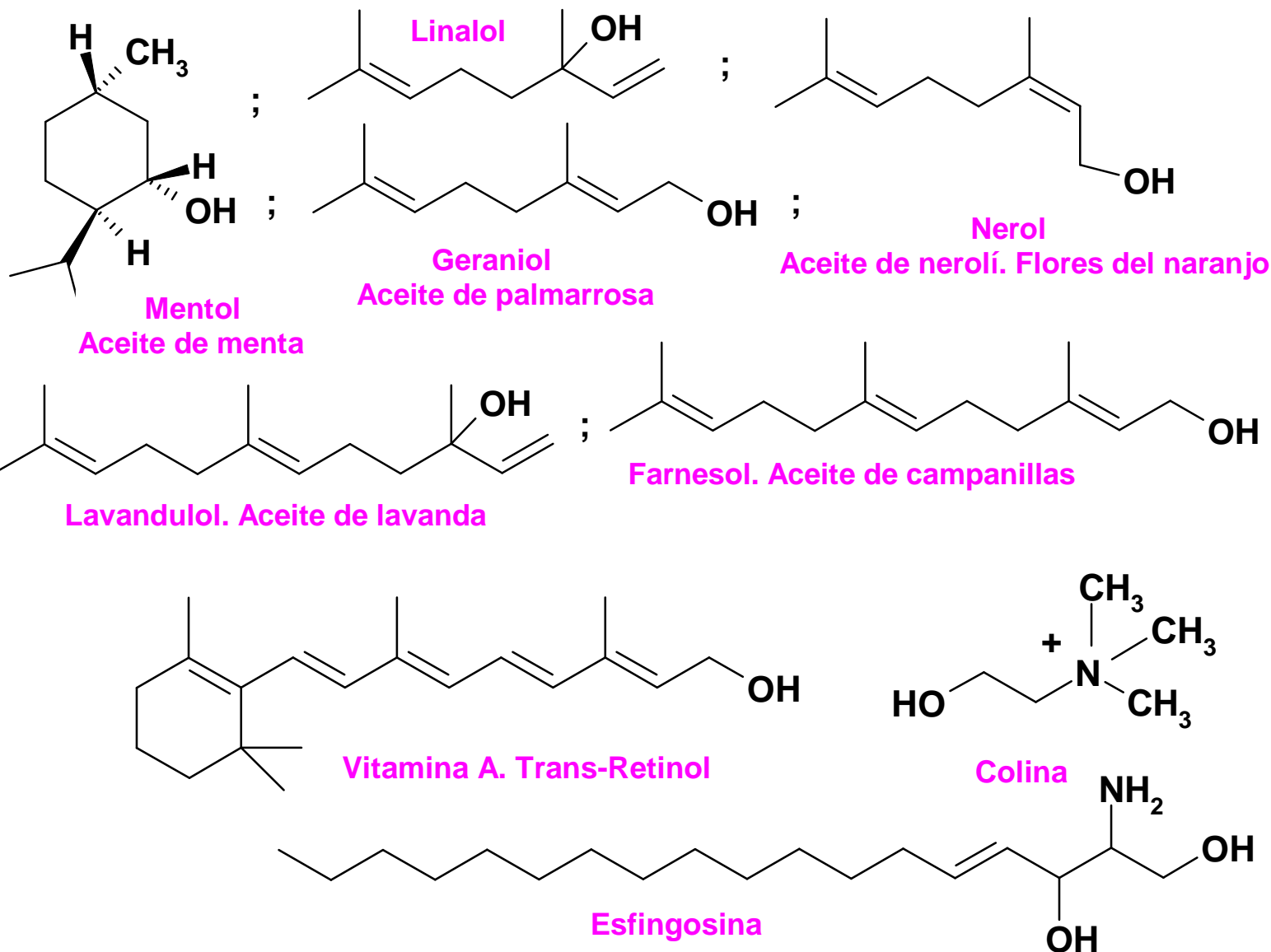
D-Altrosa



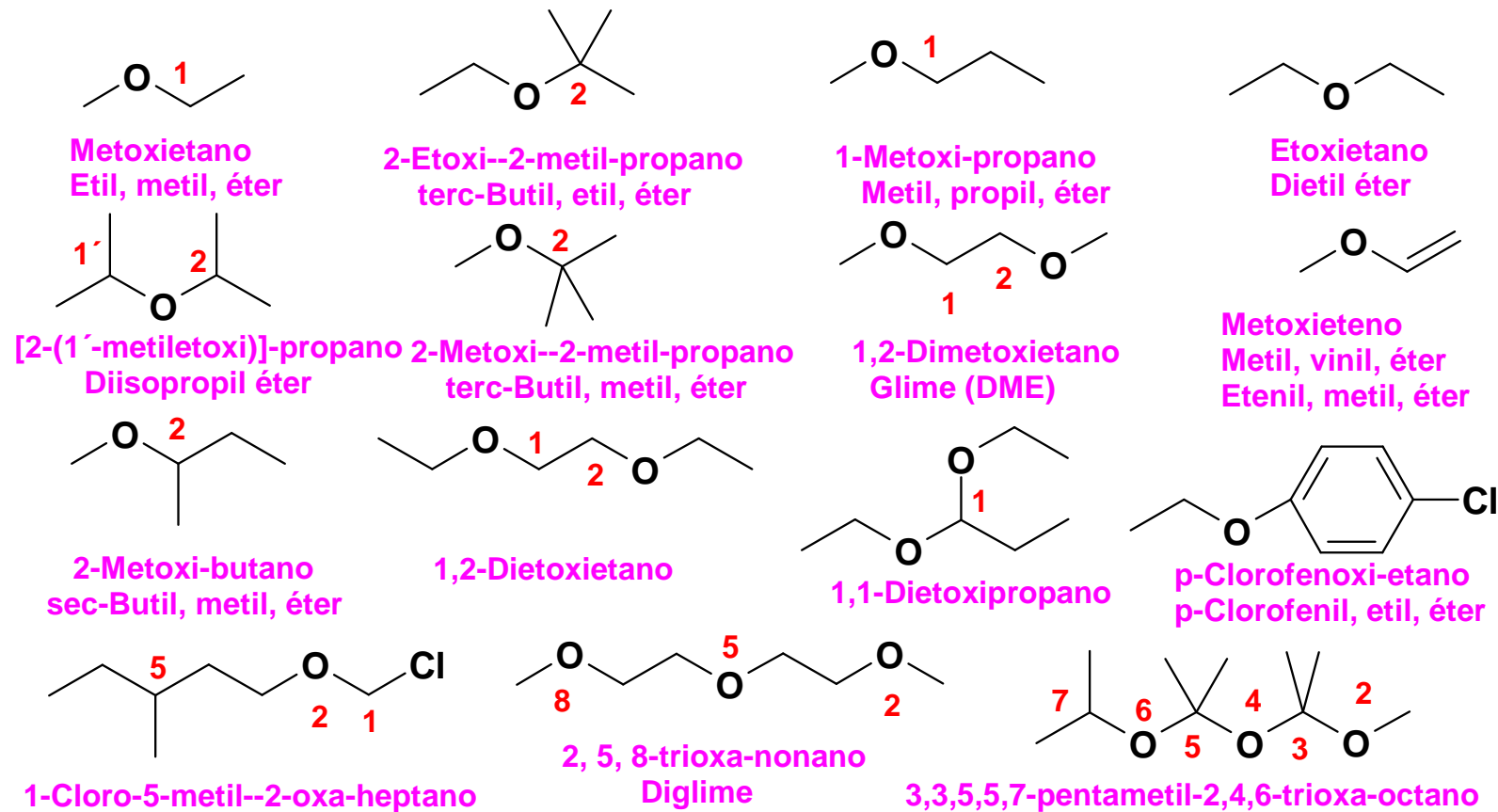
D-Alosa

La D-(+)-glucosa es el azúcar presente en la sangre de los mamíferos. Es un componente de muchas frutas y de la sacarosa, el azúcar de remolacha.

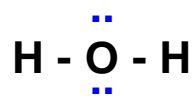
Fragancias naturales



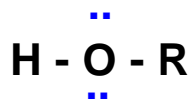
Éteres: clasificación y nomenclatura



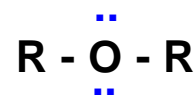
Estructura y propiedades físicas



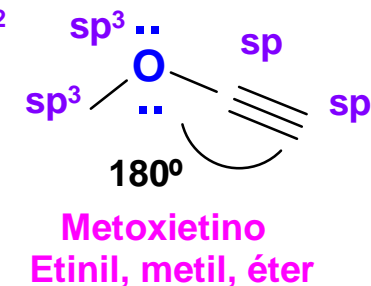
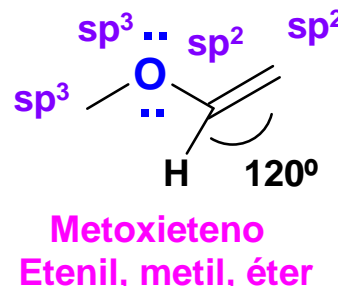
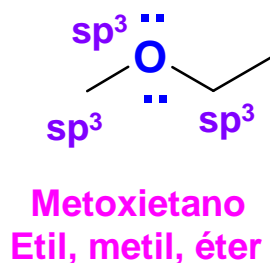
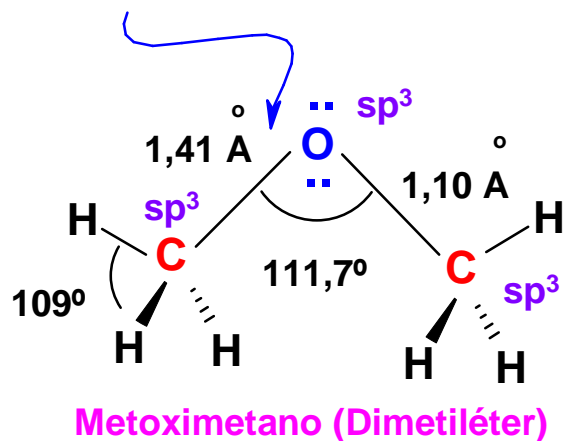
Agua



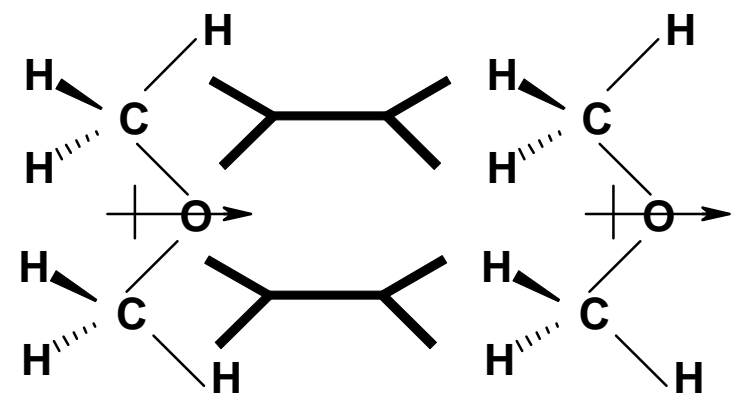
Alcohol



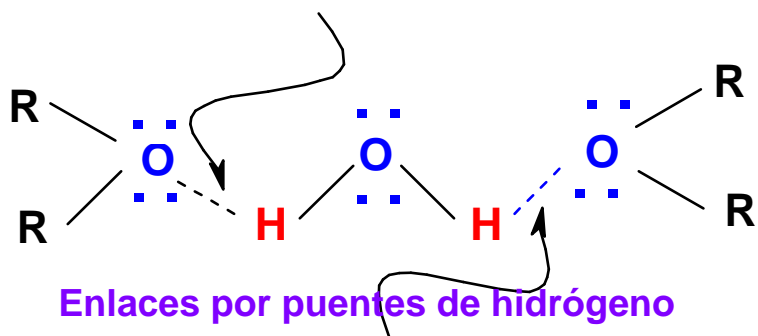
Éter



μ (HOH) = 1,89 D; μ (CH₃ O CH₃) = 1,29 D; μ (CH₃OH) = 1,69 D

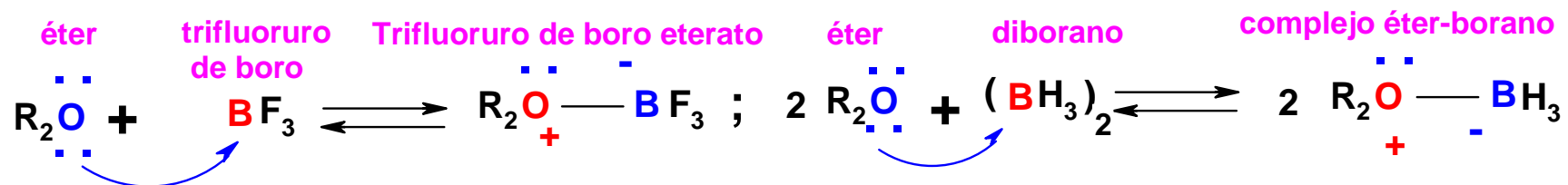
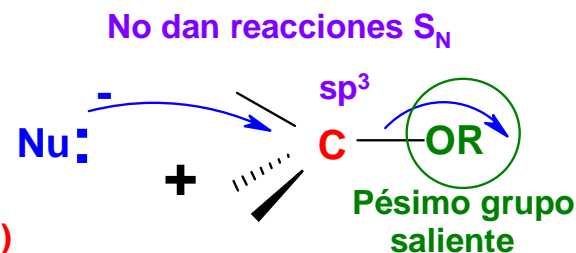
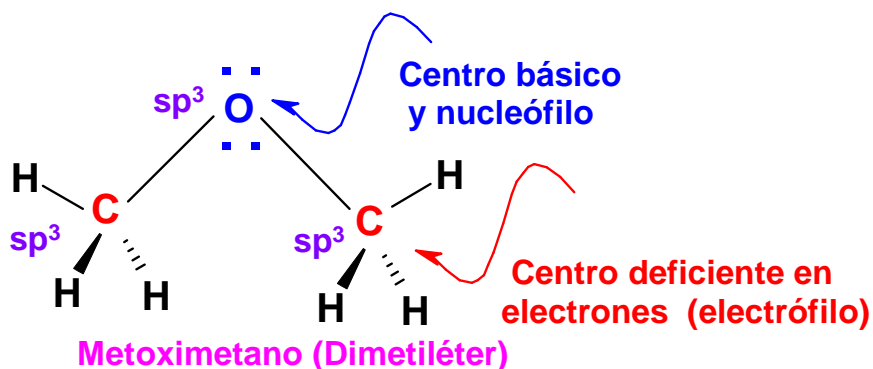


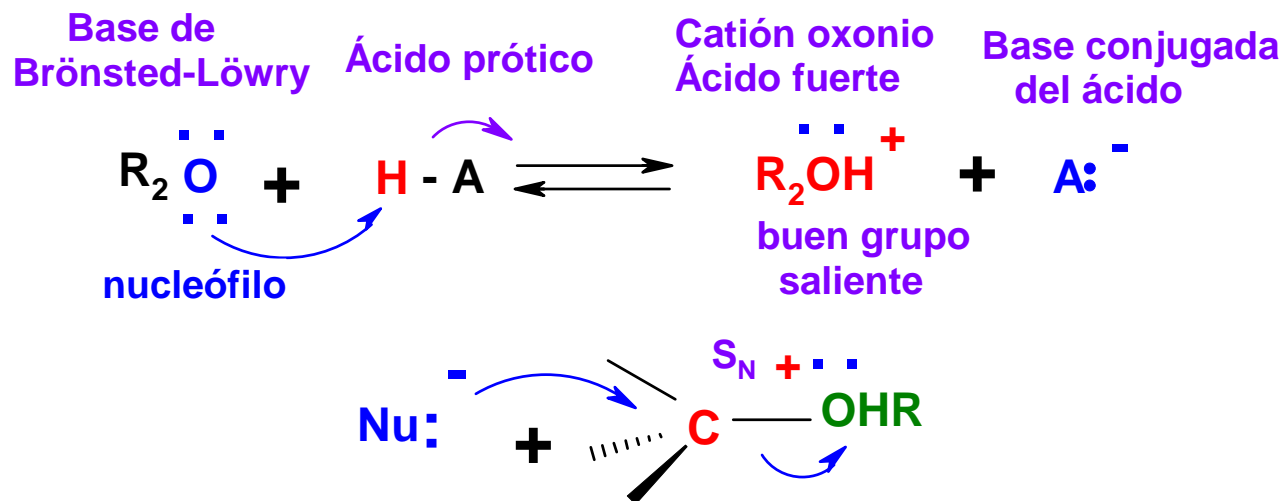
A pesar de su elevado momento dipolar, el punto de ebullición de los éteres no es mucho más elevado que el de un alcano de similar masa molecular, debido a que su geometría dificulta el empaquetamiento molecular que permite el acercamiento de los dipolos moleculares.



Son ligeramente solubles en agua porque pueden asociarse con ésta a través de enlaces por puente de hidrógeno

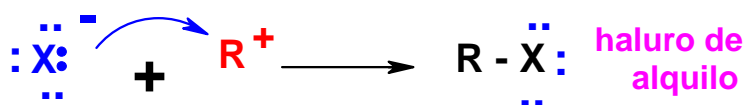
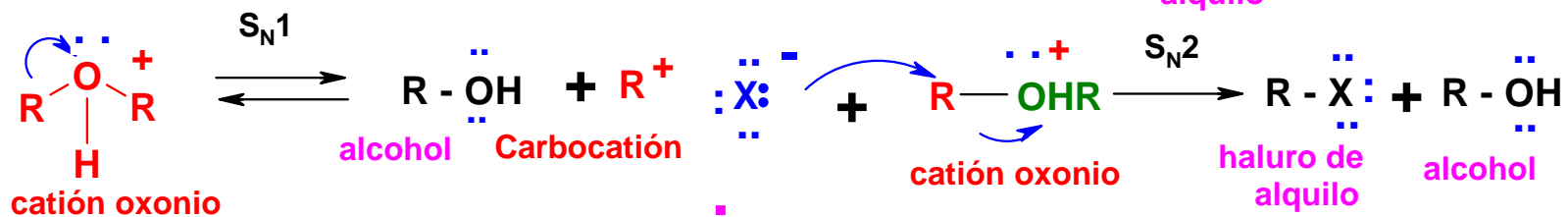
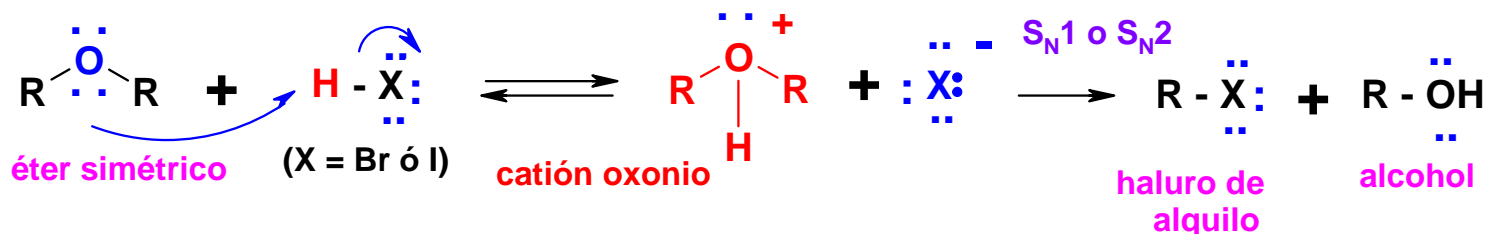
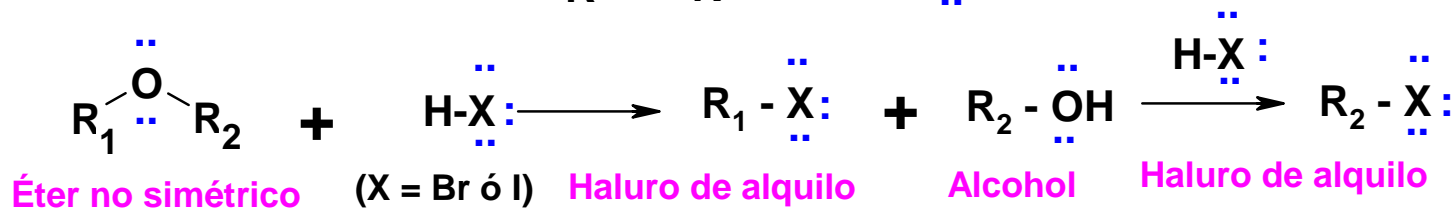
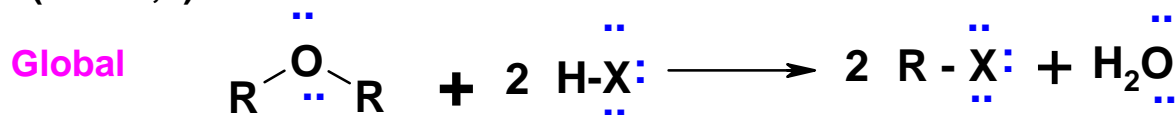
Propiedades químicas de los éteres: propiedades básicas

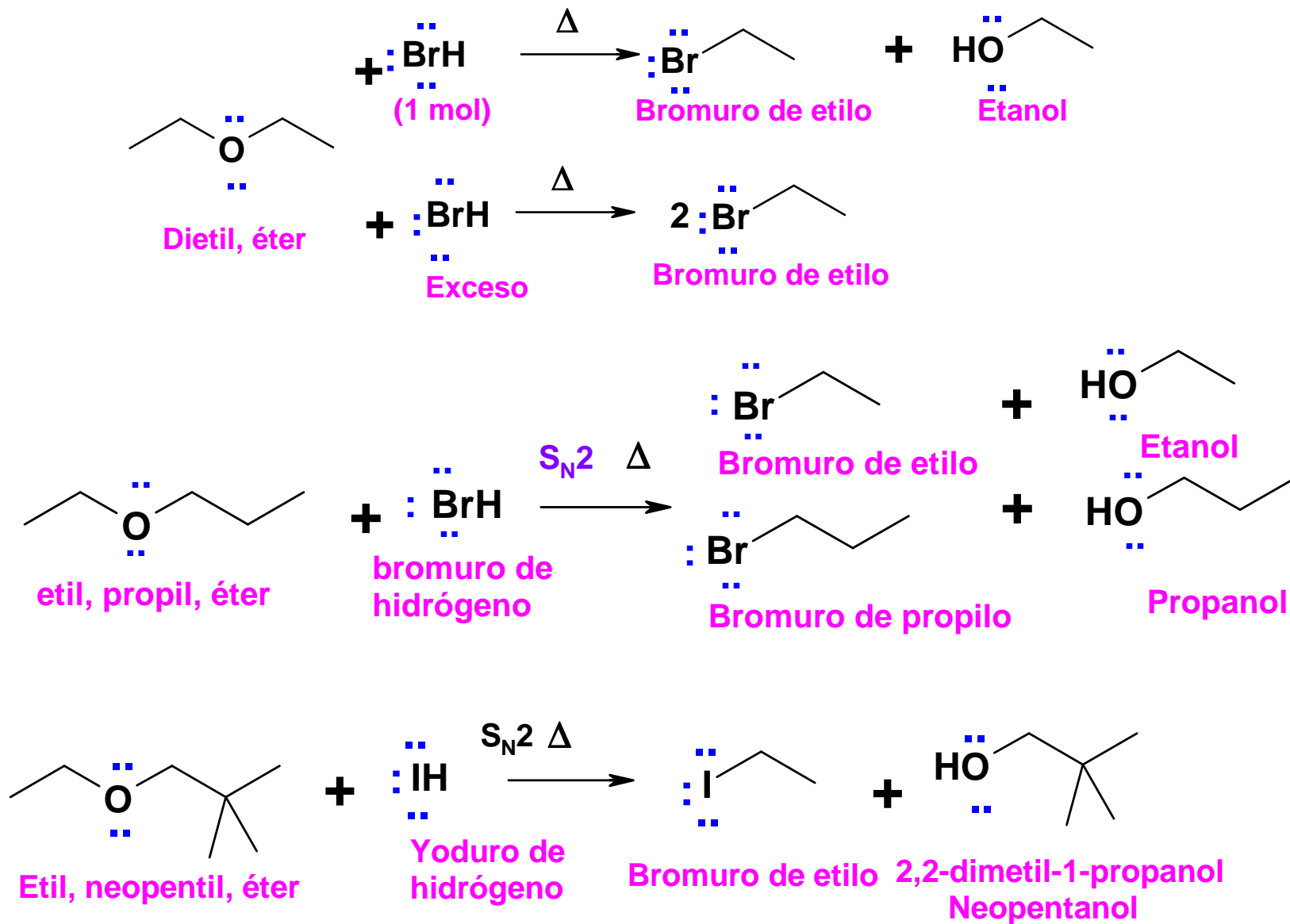




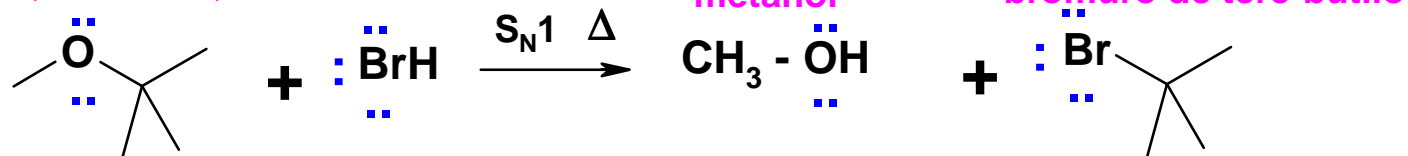
Los éteres poseen dos enlaces sigma C – O muy fuertes (86 kcal/mol) lo que les comunica una notable estabilidad química, pues a pesar de la deficiencia electrónica de los carbonos unidos al oxígeno, la fuerza de estos enlaces hace que se comporten como pésimos grupos salientes, ya que su ruptura heterolítica implicaría la expulsión de un alcóxido que como es sabido es una base muy fuerte. Sin embargo, las propiedades básicas de los éteres hace que frente a ácidos próticos acepten un protón transformándose en cationes oxonio, en los que la ruptura del enlace C-O ya es más fácil, bien a través de un proceso S_N1 vía carbocatión, bien por ataque de un nucleófilo sobre el C más despejado de los unidos al oxígeno positivo, es decir, a través de una reacción tipo S_N2. Esta basicidad de los éteres es la que los hace reactivos frente a HBr y HI concentrados, ácidos que provocan la ruptura heterolítica de los éteres transformandolos en alcoholes y haluros de alquilo.

Ruptura de los éteres por ácidos concentrados

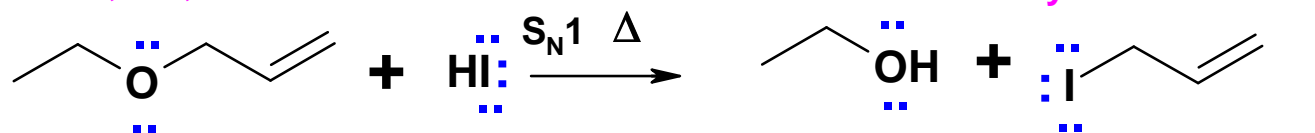




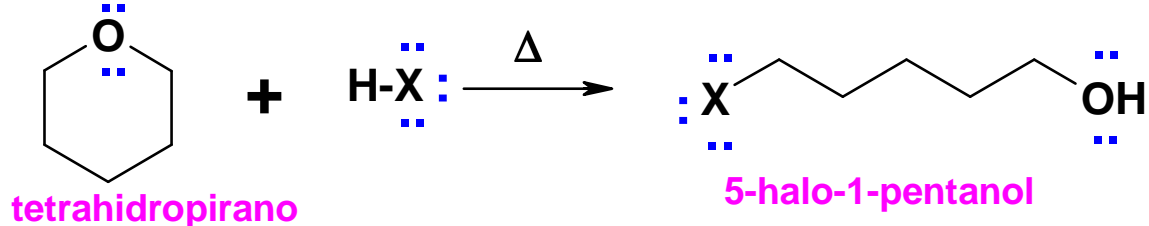
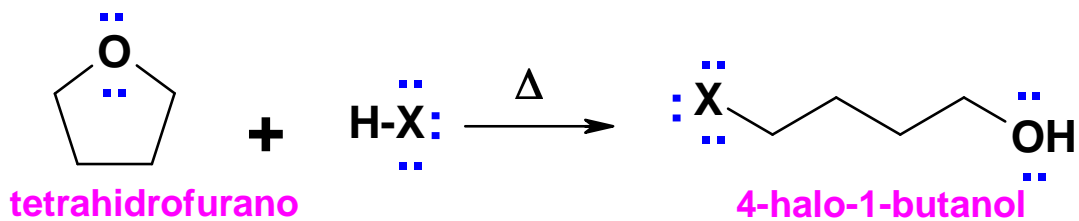
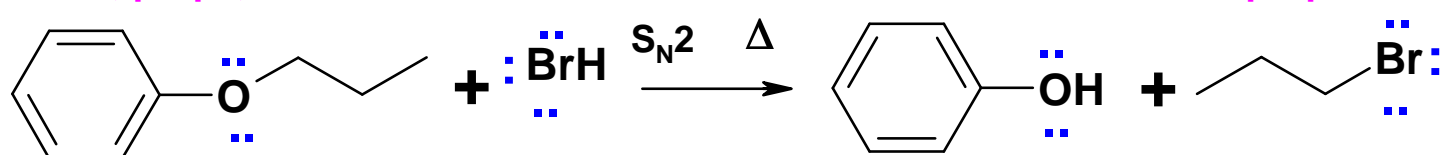
metil, terc-butil, éter

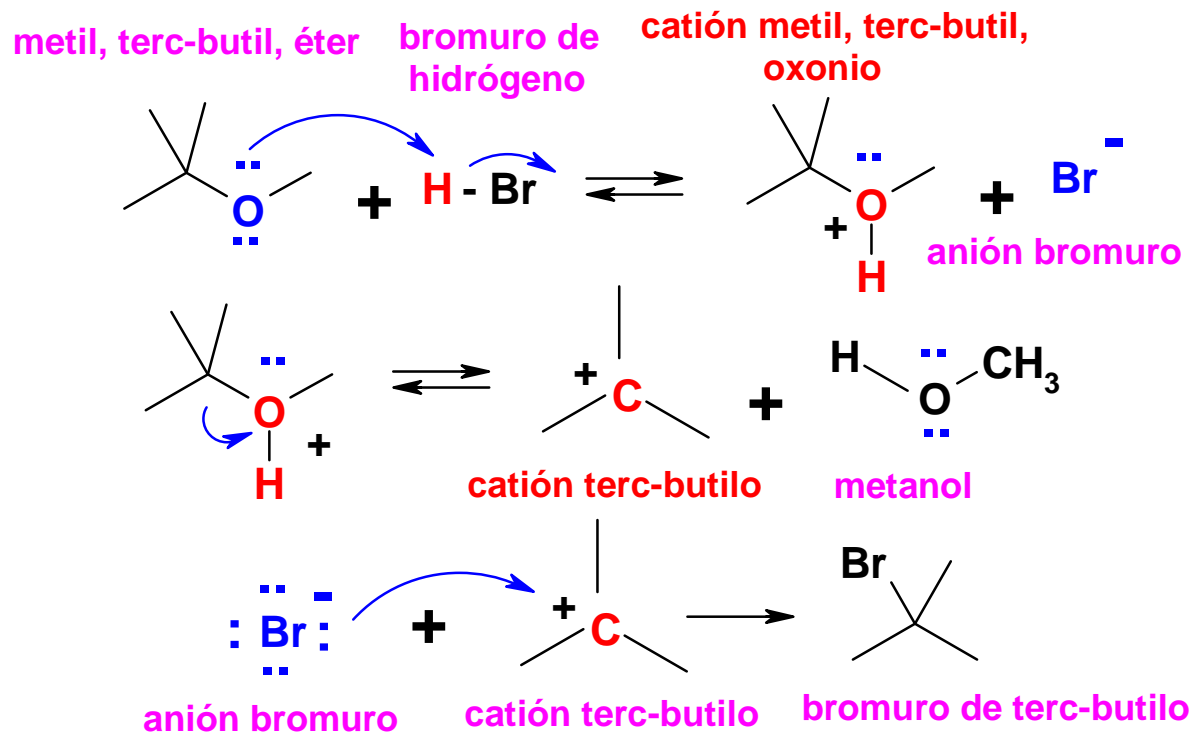


alil, etil, éter



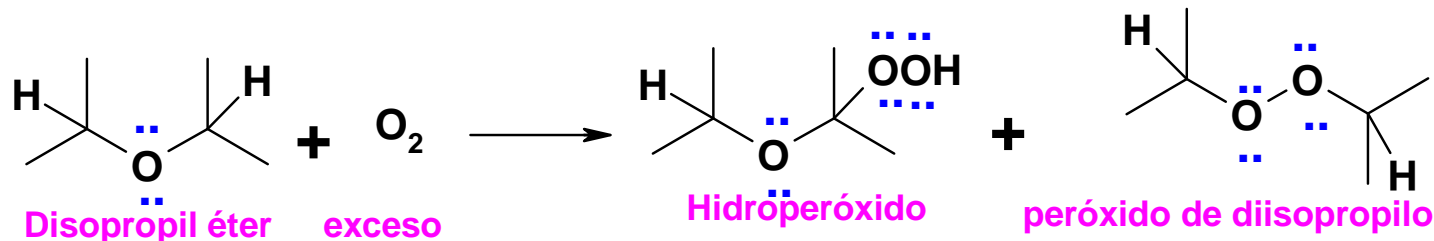
fenil, propil, éter



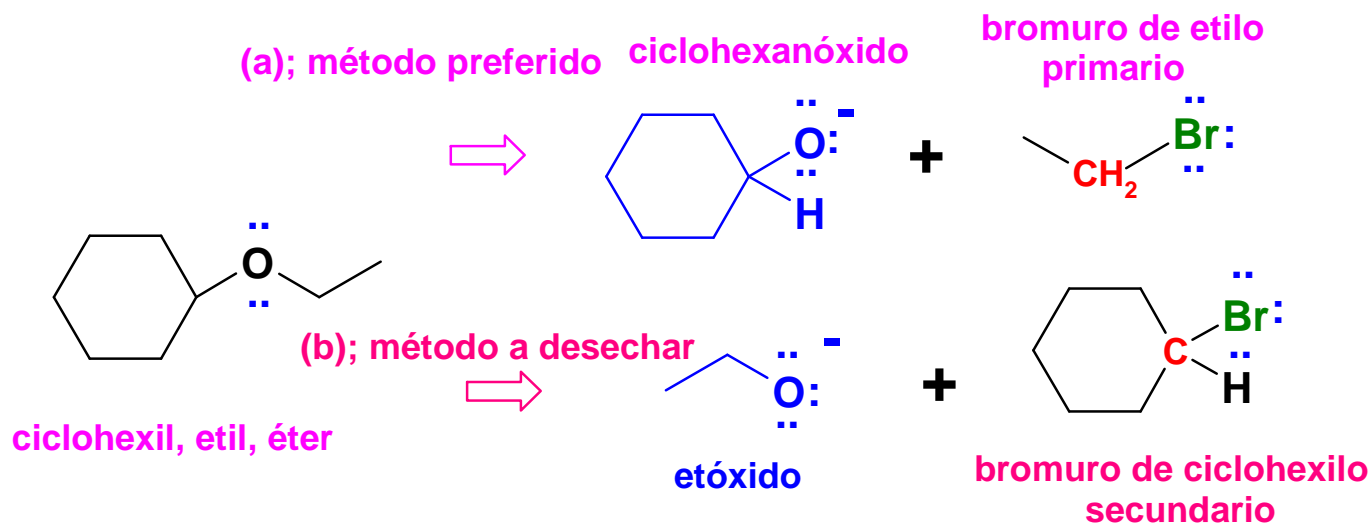
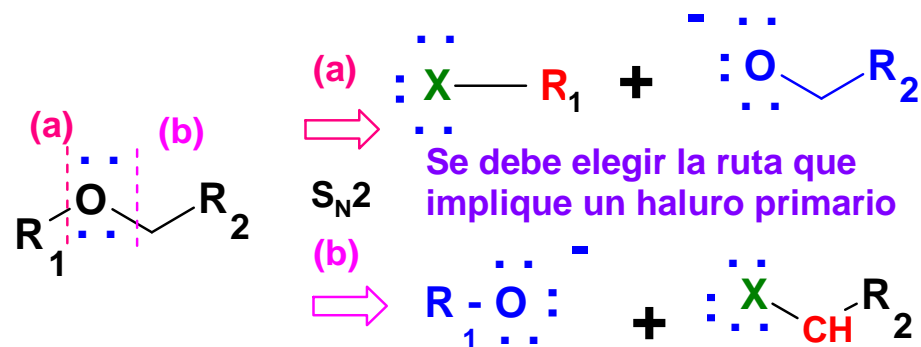


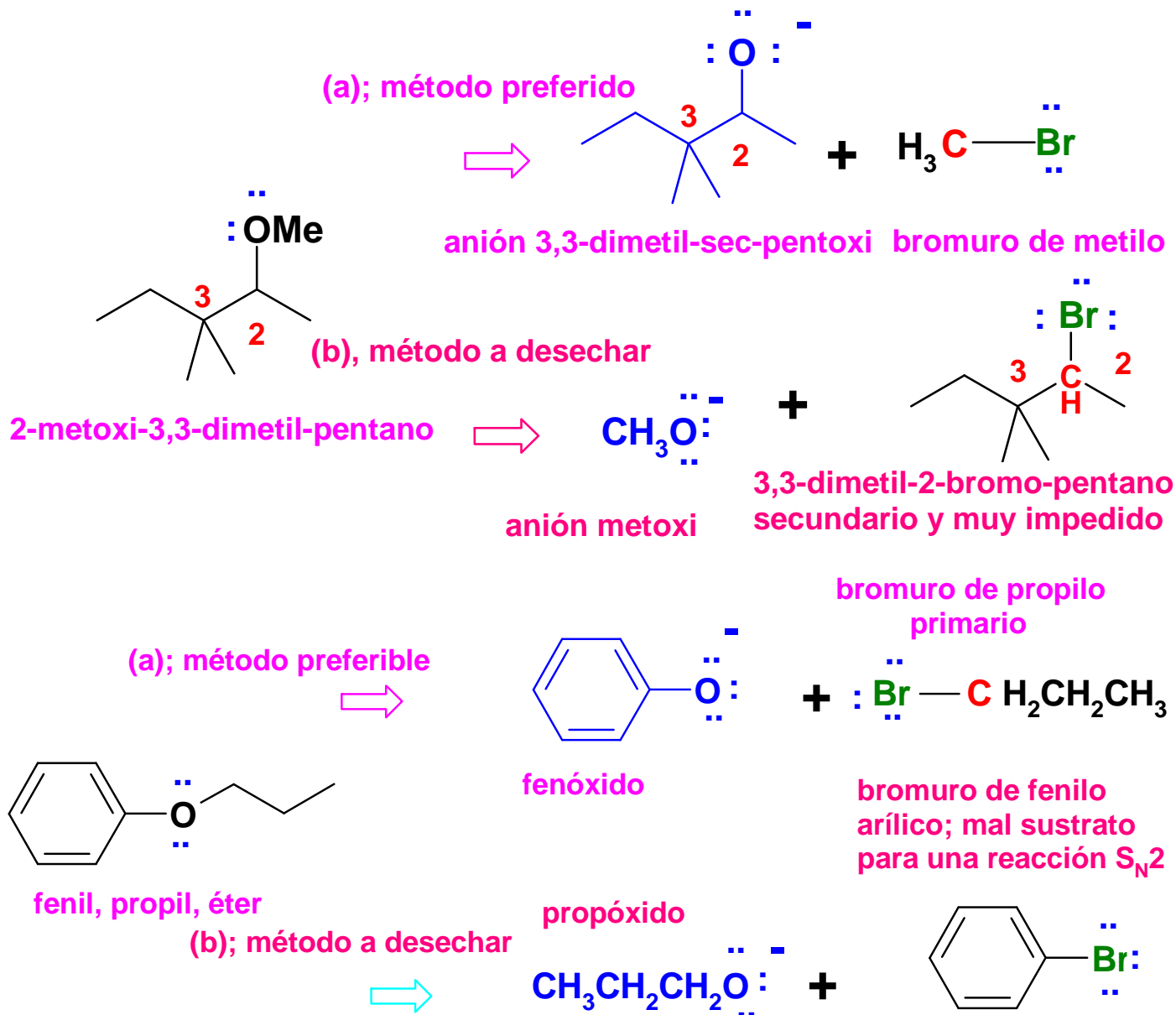
Autooxidación de los éteres

Es una reacción carente de importancia sintética, pero que es necesario conocer para evitar que ocurra pues es muy peligrosa. Los éteres poseedores de C secundarios y sobre todo C terciarios, alílicos y bencílicos, se oxidan lentamente al aire transformándose en hidroperóxidos y peróxidos explosivos, que pueden causar mucho daño si se intenta destilar un éter viejo poseedor de estas sustancias. Se evita este peligro, lavando (previamente a la destilación) el éter con una disolución acuosa de FeSO_4 que destruye los peróxidos a través de un proceso redox, en el que el Fe (II) se oxida a Fe (III) y los peróxidos se reducen a alcoholes.



Preparación de éteres: síntesis de Williamson

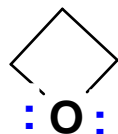




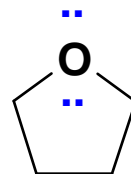
Éteres cíclicos: epóxidos



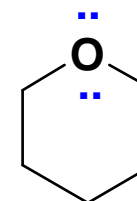
Óxido de etileno
Epóxido,
Oxirano



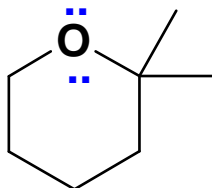
Óxido de trimetileno
Oxaciclobutano
Oxetano



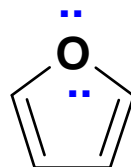
Óxido de tetrametileno
Tetrahidrofurano (THF)
Oxolano



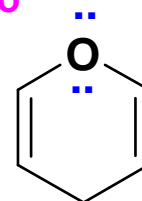
Óxido de pentametileno
Tetrahidropirano (TPH)
Oxociclohexano, Oxocano



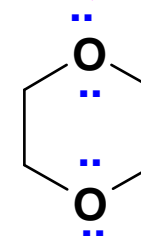
2,2-dimetil-oxaciclohexano,
2,2-dimetil-tetrahidropirano



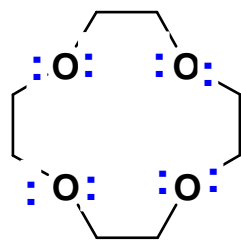
Furano
3-oxa-1,4-pentadieno



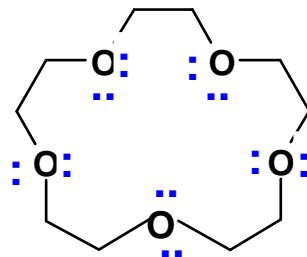
Pirano



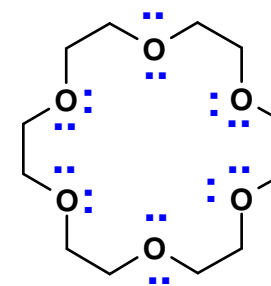
1,4-dioxano
1,4-dioxa-ciclohexano



1,4,7,10-tetraoxa-
ciclotetradecano
[12]-crown-4

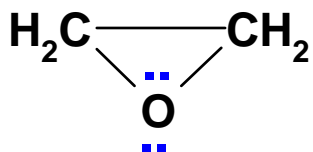


1,4,7,10,13-pentaoxa-
ciclopentadecano
[15]-crown-5

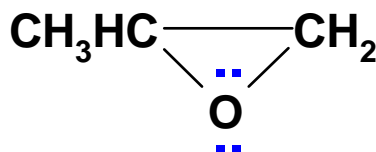


1,4,7,10,13,16-hexaoxa-
ciclooctadecano
[18]-crown-6

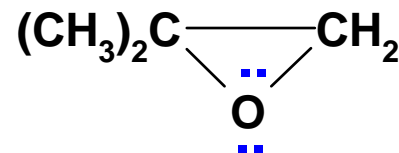
Nomenclatura de los epóxidos



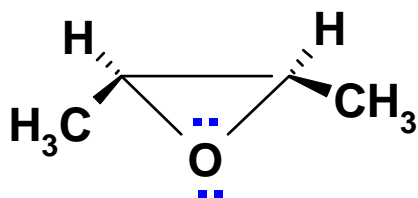
Óxido de etileno
Epoxietano



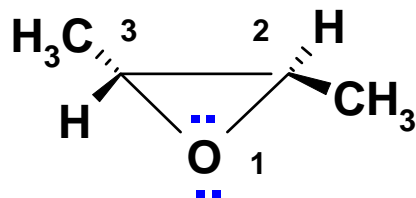
Óxido de propileno
Epoxipropano



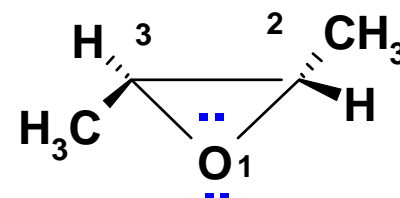
Óxido de isobutileno
1, 2-epoxi-2-metil-propano



Óxido de cis-2-buteno
cis-2,3-epoxibutano
Una molécula meso

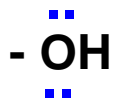


Óxido de trans-2-buteno
trans- 2, 3-epoxibutano
Una molécula quiral
(2R,3R)

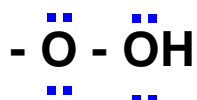


Óxido de trans-2-buteno
trans- 2, 3-epoxibutano
Una molécula quiral
enantiómera de la anterior
(2S,3S)

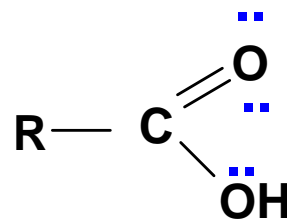
Preparación de epóxidos



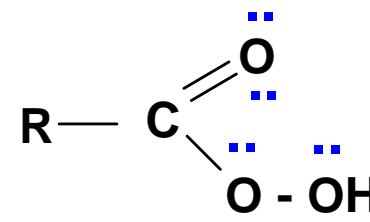
Grupo hidroxilo



Grupo hidroperoxi

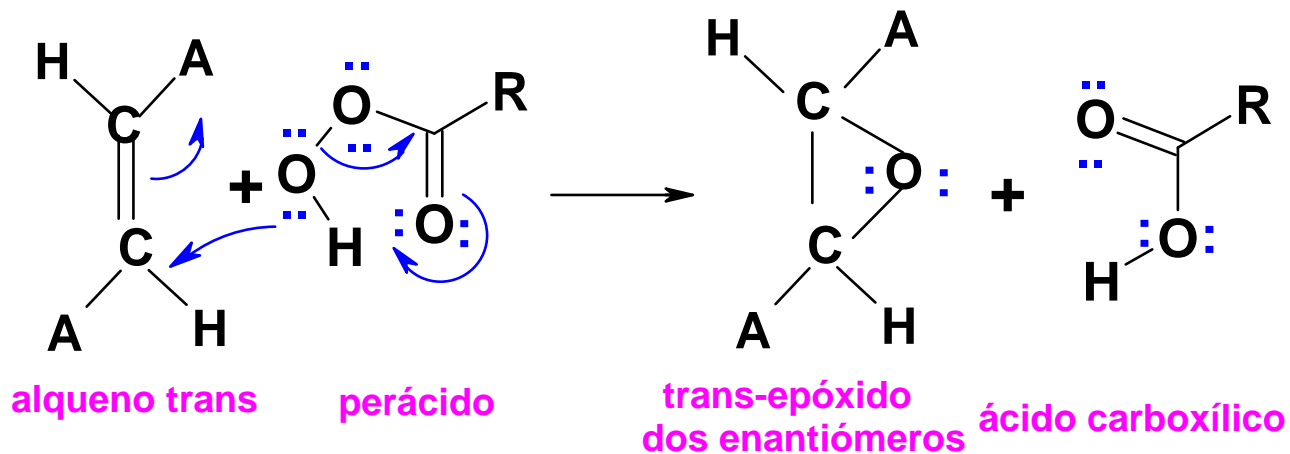
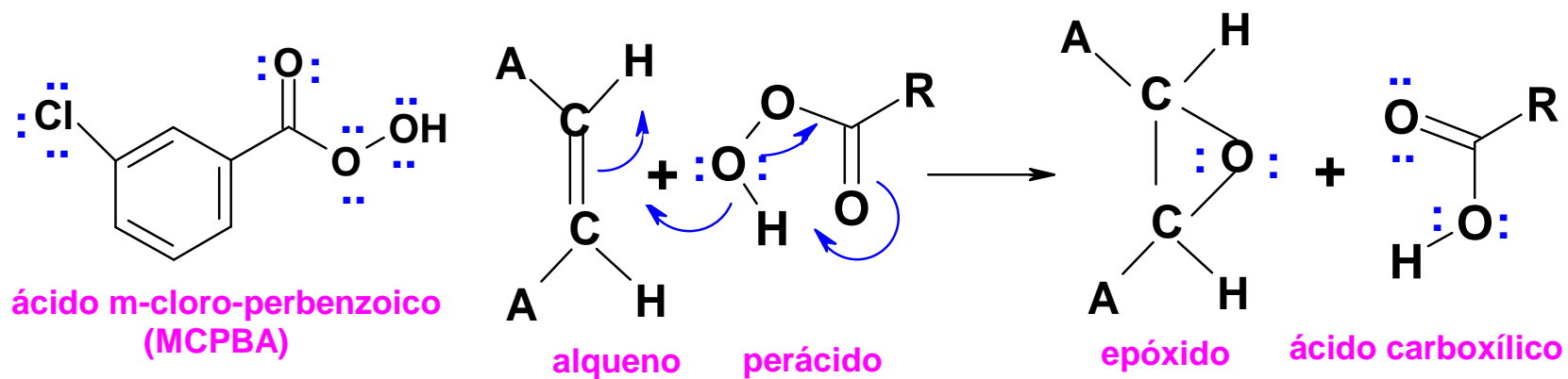
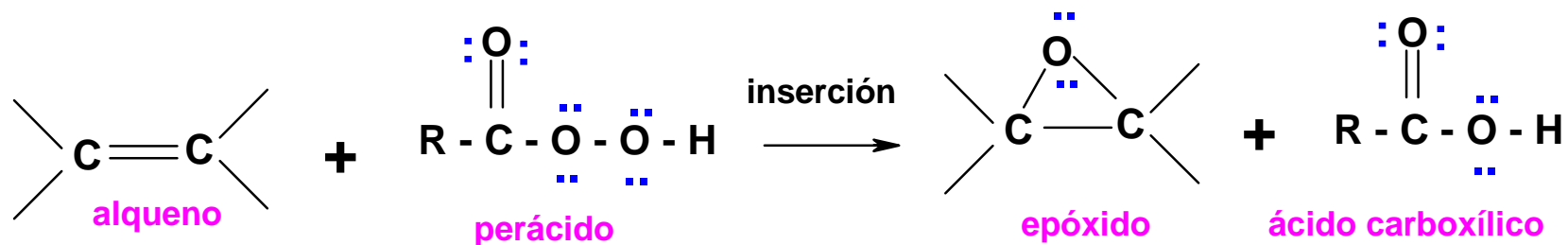


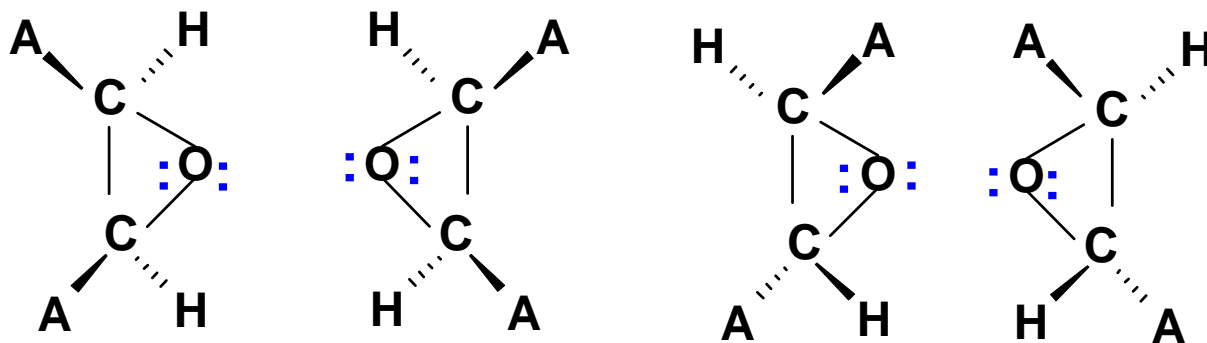
Ácido carboxílico



Peroxiácido

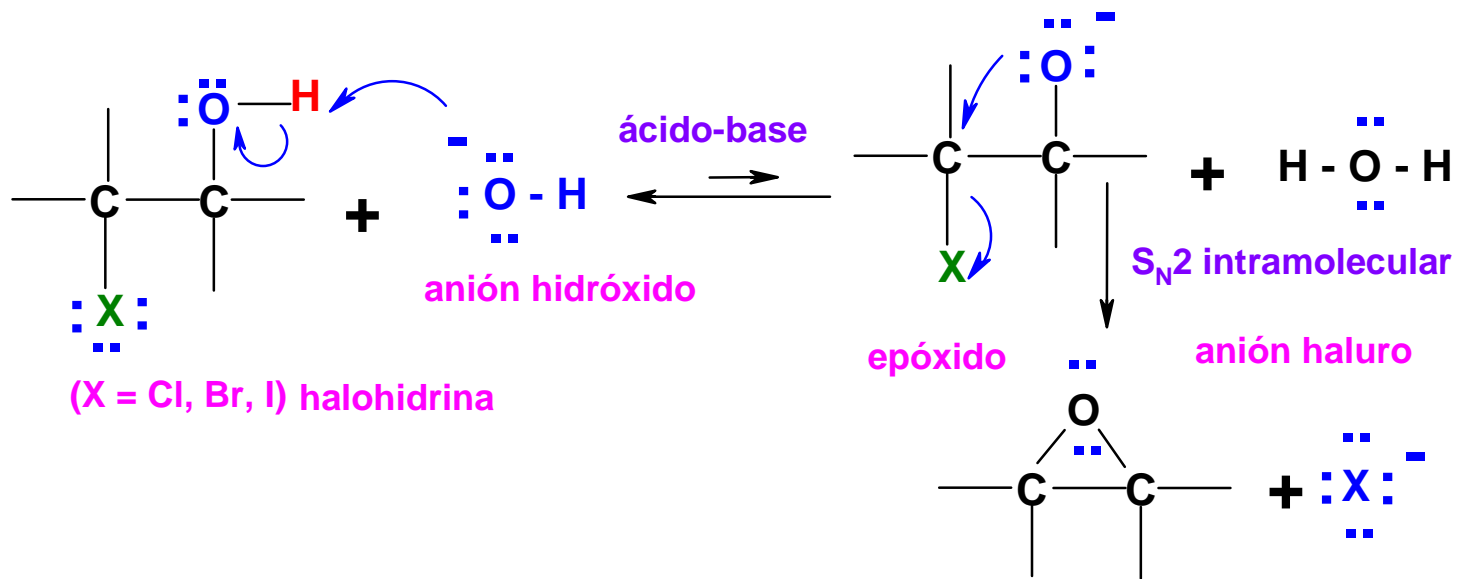
Epoxidación del alquenos

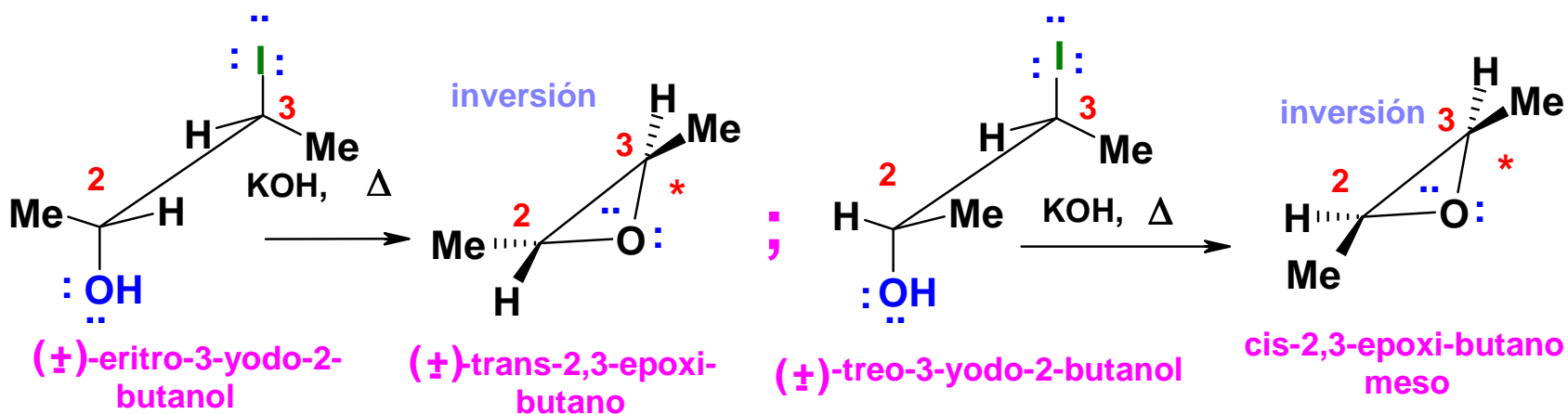
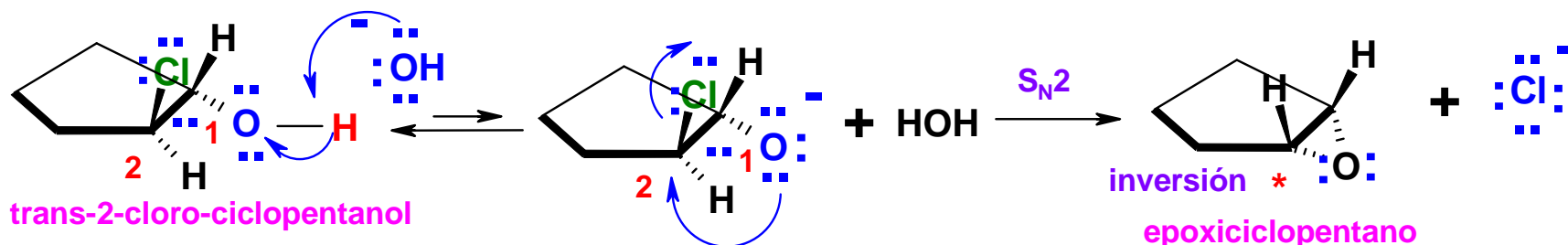




Epóxido cis. Imágenes especulares superponibles. Forma meso

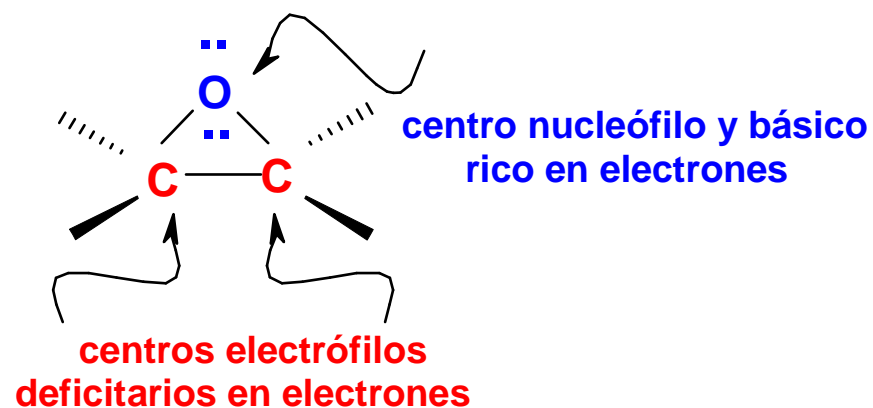
Epóxido trans. Imágenes especulares no superponibles. Forma tres
Dos enantiómeros



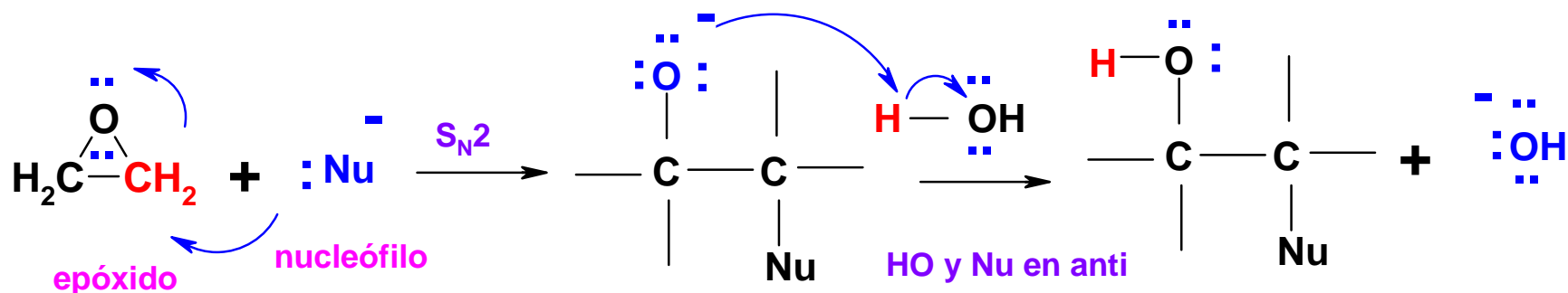


Reactividad química de los epóxidos

Los epóxidos son mucho más reactivos que los éteres acíclicos por la elevada tensión angular que poseen (25 kcal/mol). Como los C unidos al O son electrófilos, la reactividad típica de los epóxidos es la apertura del ciclo provocada por el ataque de un nucleófilo. Esto puede hacerse sin catálisis en medio neutro o básico, o con catálisis ácida trabajando en medios ácidos. **Es muy importante apreciar que la regioselectividad de la apertura es diferente en ambos casos:**



Apertura de epóxidos con nucleófilos



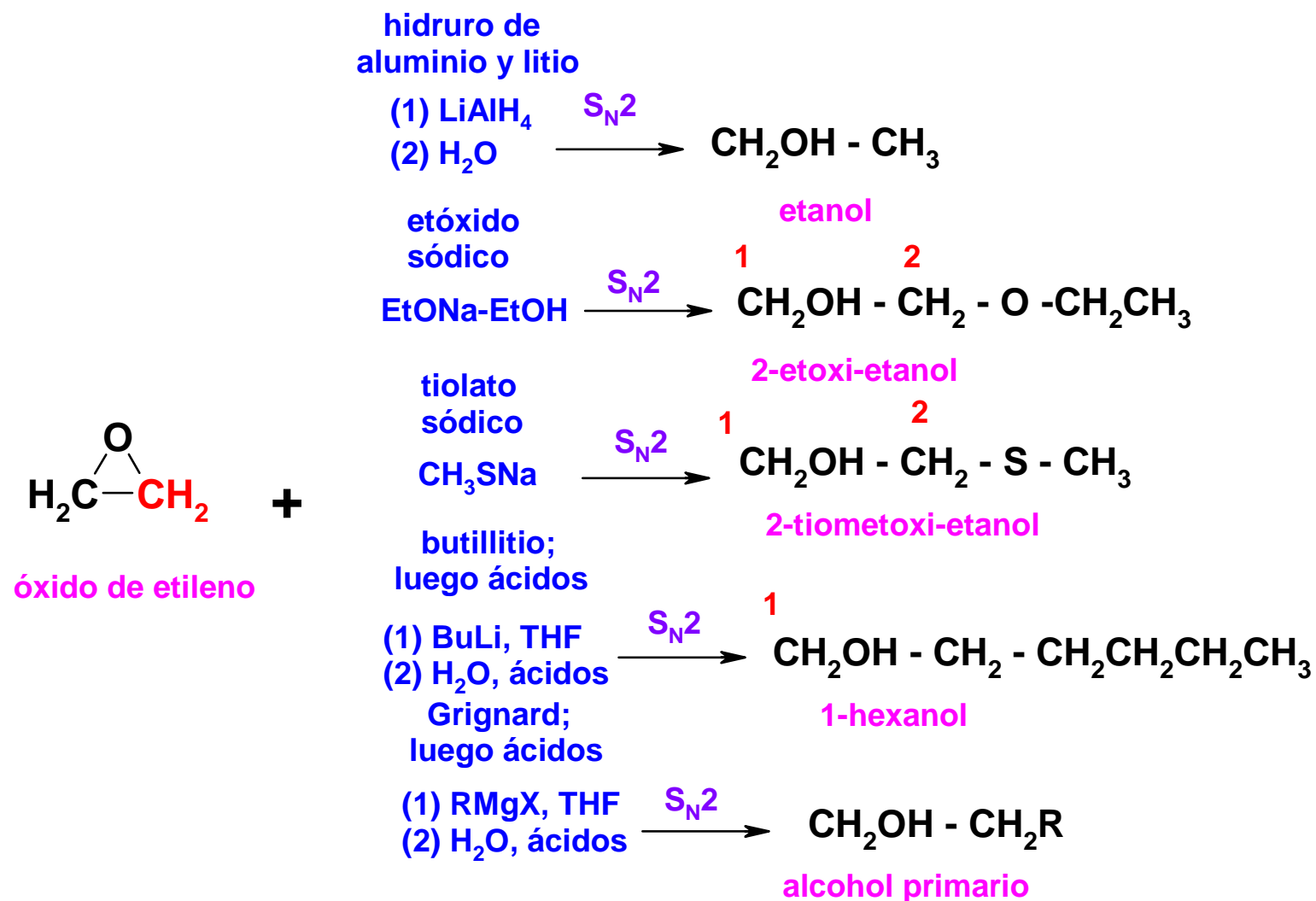
La reacción es muy útil desde el punto de vista sintético, pues permite obtener una gran variedad de compuestos cambiando el nucleófilo y además el ataque del reactivo se hace anti al O del epóxido, de modo que el OH y el Nu resultantes quedan dispuestos inicialmente en anti. Cuando los dos C están diferentemente sustituidos, el ataque del Nu ocurre sobre el C menos sustituido. La reacción es muy regioselectiva y estereoespecífica, pues dos epóxidos diastereómeros conducen a dos productos diastereómeros:

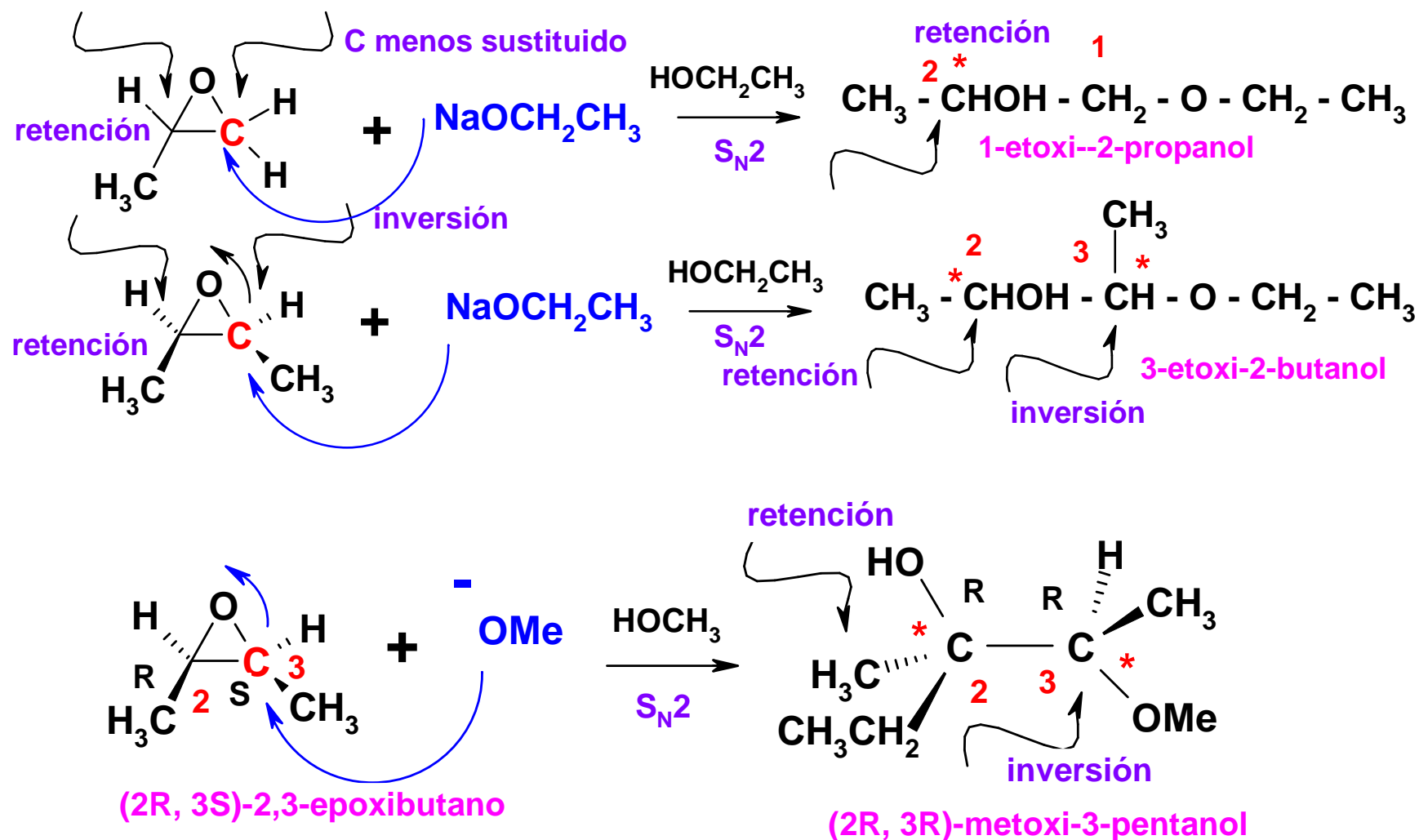
Apertura de epóxidos con nucleófilos en medio básico o neutro

Electrófilo

Nucleófilo

Producto

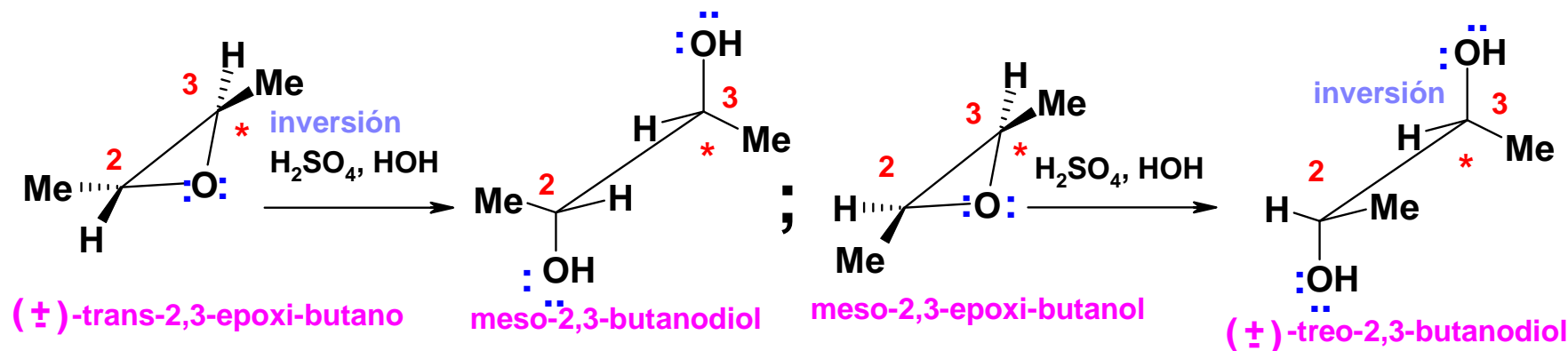
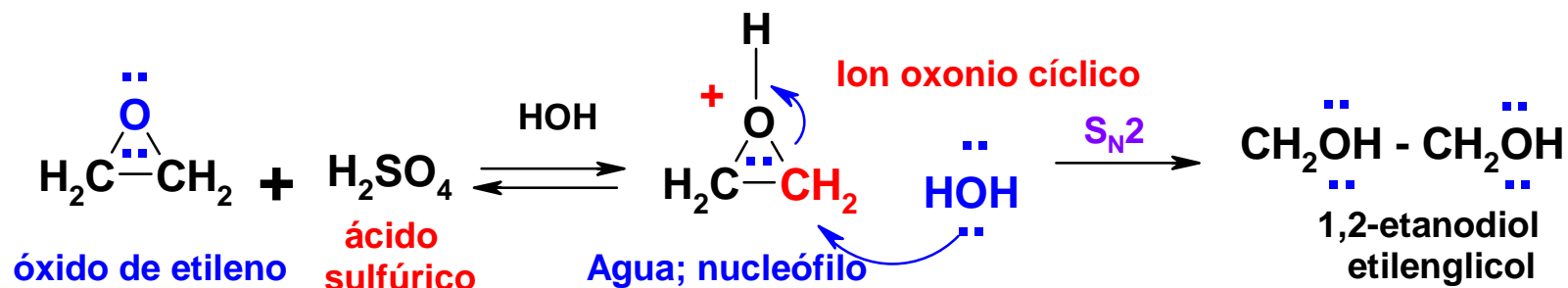
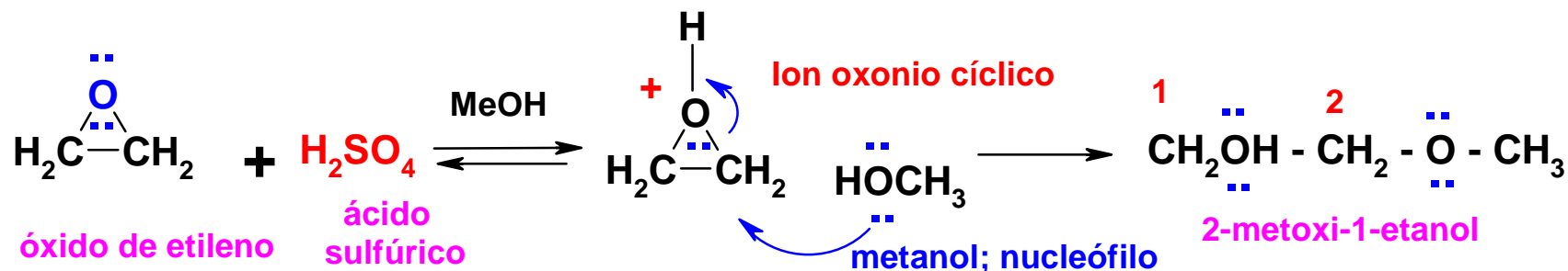


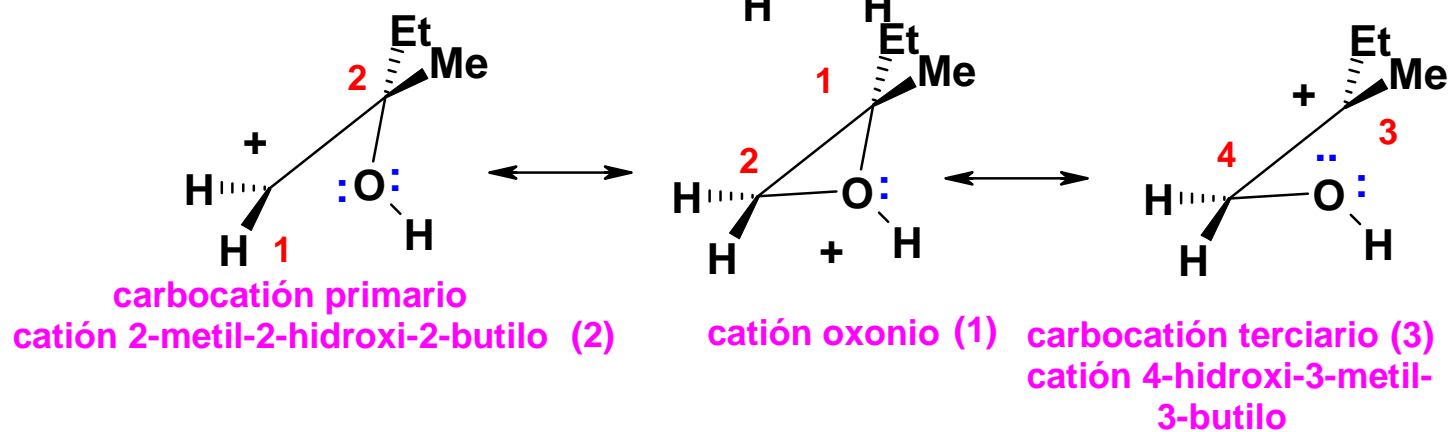
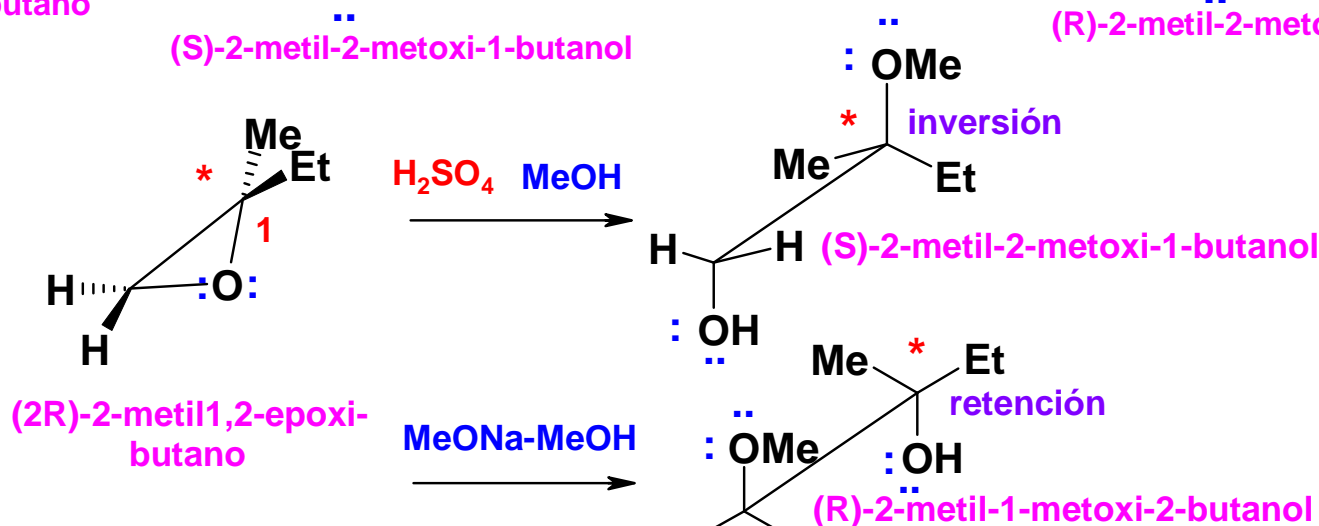
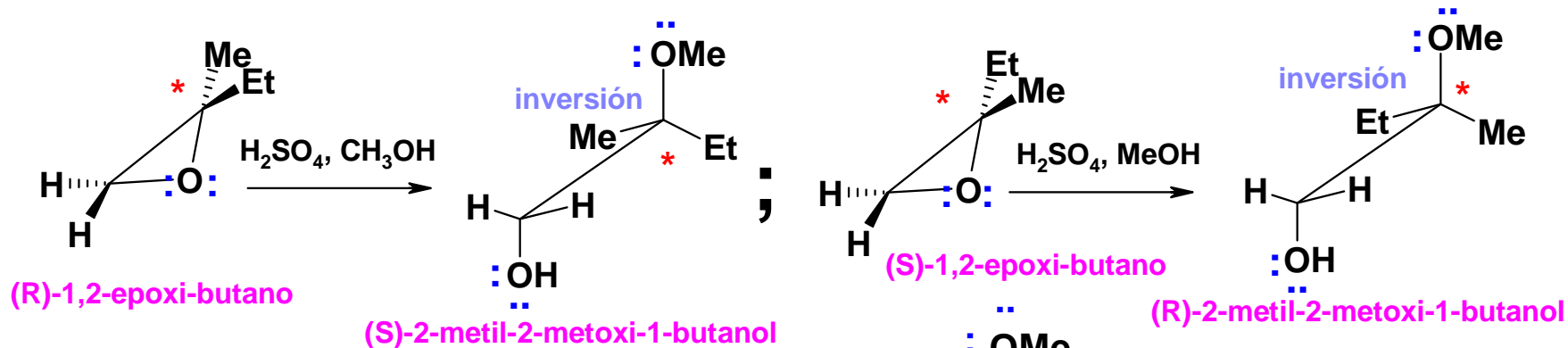


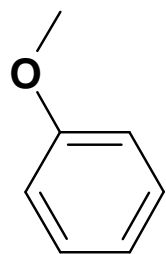
La reacción anterior puede ocurrir asimismo sobre el otro átomo de C que es equivalente, por lo que se obtendría el enantiómero, de modo que en el proceso se origina una mezcla racémica. En conclusión, la apertura de epóxidos por ataque nucleófilo en medio neutro o alcalino, se efectúa regio y estereoespecíficamente, atacando el nucleófilo al C menos sustituido de manera anti al O del epóxido.

Apertura de epóxidos en medio ácido

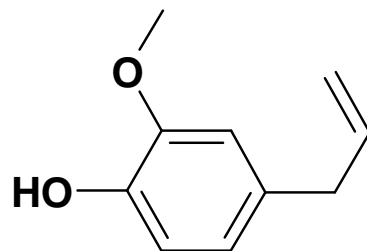
En primer lugar, ocurre una reacción ácido-base en la que tiene lugar la protonación del O del epóxido formándose un catión oxonio, que posteriormente es atacado regioselectivamente (en el C más sustituido) por el nucleófilo (de modo anti al oxígeno):



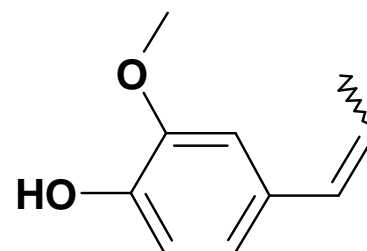




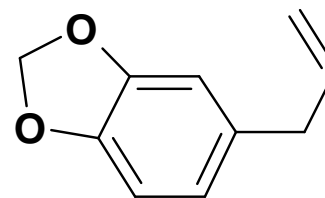
Anisol
metoxibenceno
fenil, metil, éter



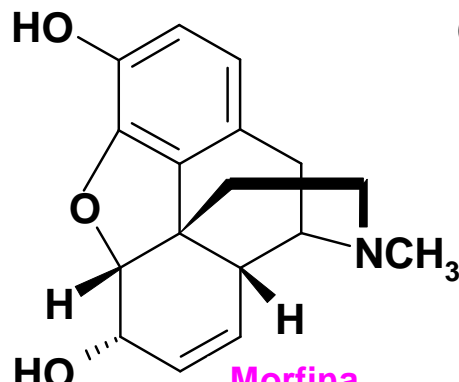
Eugenol
aceite de clavo



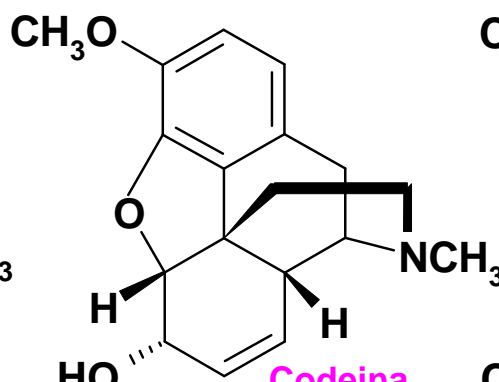
Isoeugenol
nuez moscada



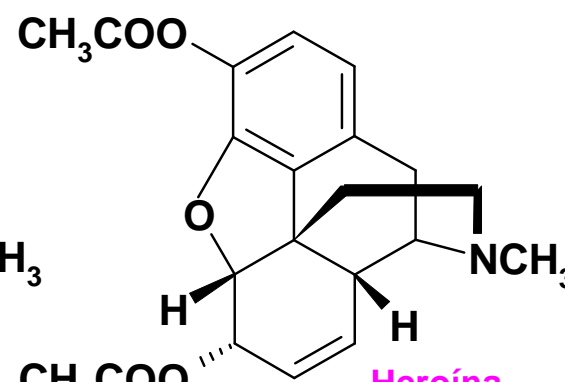
safrol (sasafrás)



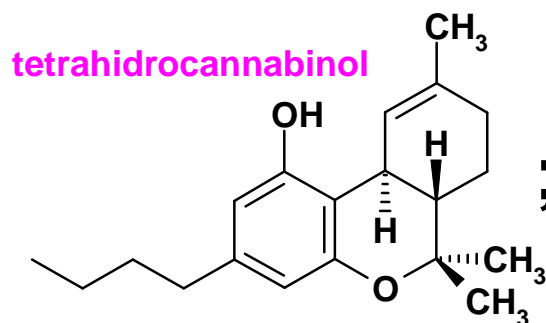
Morfina,
analgésico



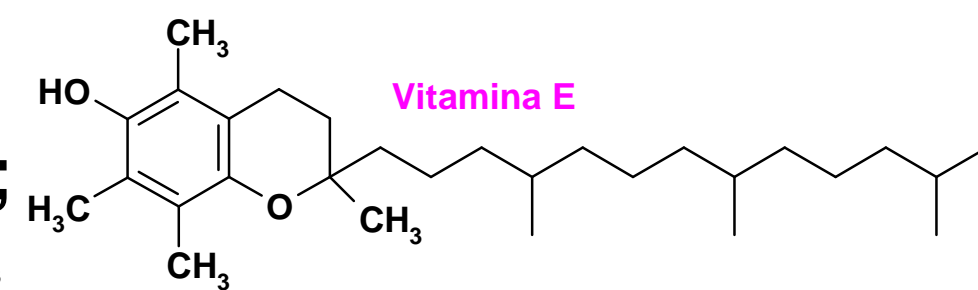
Codeína
antitusivo



Heroína



tetrahidrocannabinol

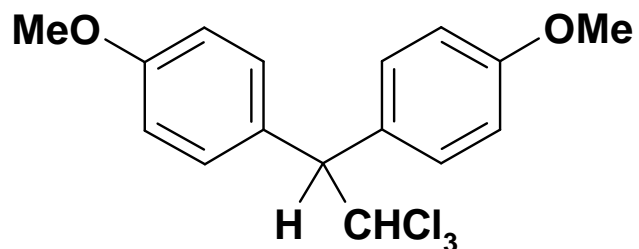


Vitamina E

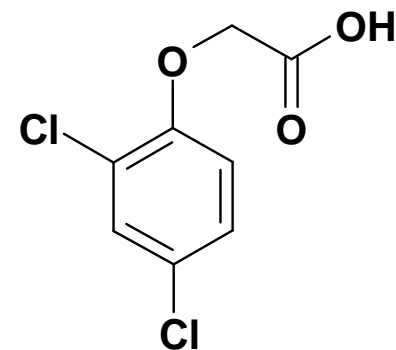
LECCIÓN 9



óxido de etileno
agente fumigador
de semillas y cereales



1,1,1-tricloro-2,2-di(p-metoxifenil)-etano
Un insecticida



Ácido 2,4-diclorofenoxietanoico (2,4-D)
Un herbicida