

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

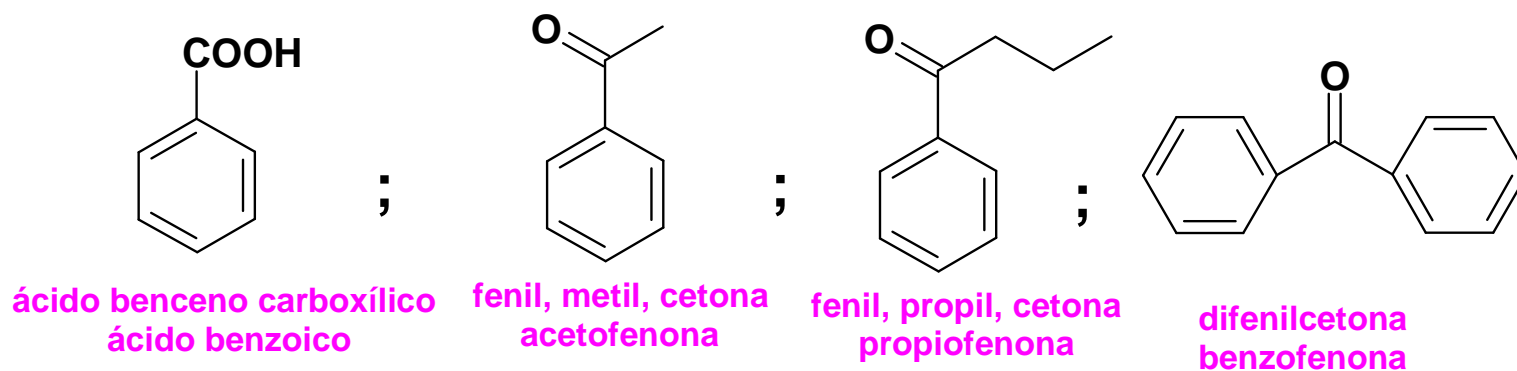
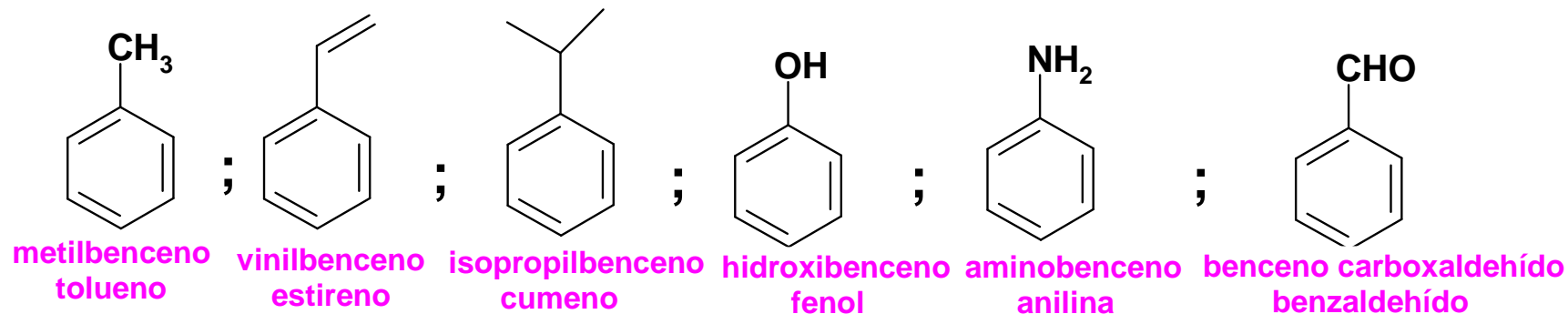
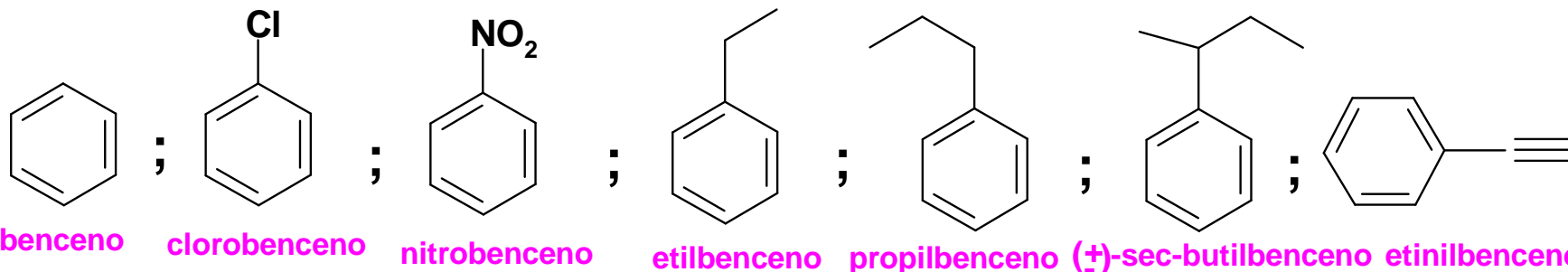
Objetivos

Formular y nombrar los bencenos sustituidos, explicando la estructura del benceno tomando como base las teorías de enlace. Conocer el fenómeno de la aromaticidad, explicar la estabilidad especial que entraña y calcular la energía de resonancia del benceno. Extender este concepto a otras especies neutras o iónicas diferentes del benceno y establecer los requisitos indispensables para que una especie pueda ser aromática. Introducir el concepto de antiaromaticidad examinando algunos ejemplos de especies antiaromáticas neutras o iónicas y establecer los requisitos indispensables para que una especie pueda ser antiaromática, relacionando este concepto y los requisitos exigidos con el de aromaticidad.

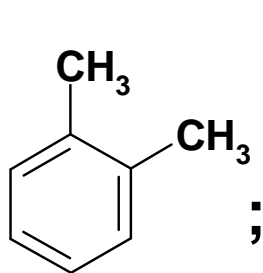
Describir la sustitución electrófila (S_EAr) como la reactividad típica de los compuestos aromáticos y conocer con detalle el mecanismo principal por el que transcurren este tipo de reacciones. Conocer las más importantes reacciones de sustitución electrófila aromática destacando su utilidad para la preparación de derivados del benceno a través de la creación de enlaces carbono-halógeno (halogenaciones), carbono-nitrógeno (nitración), carbono-azufre (sulfonación) y carbono-carbono (alquilaciones y acilaciones de Friedel-Crafts). Finalmente se examinarán las más importantes aplicaciones industriales del benceno y sus derivados, así como las diversas formas alotrópicas del carbono destacando entre ellas las aromáticas.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

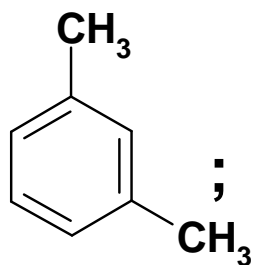
Nomenclatura



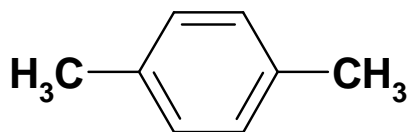
LECCIÓN 14



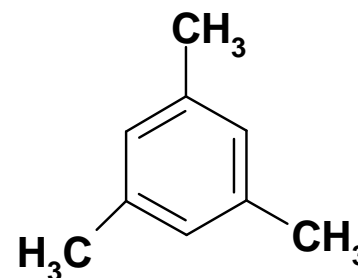
1,2-dimetilbenceno
o-metil-tolueno



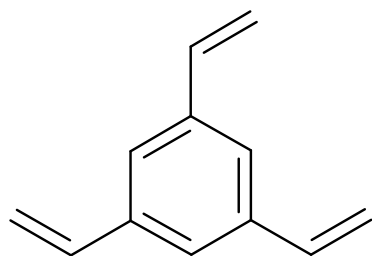
1,3-dimetilbenceno
m-metil-tolueno



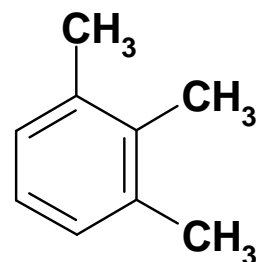
1,4-dimetilbenceno
p-metil-tolueno



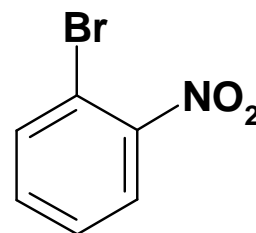
1,3,5-trimetilbenceno
mesitileno



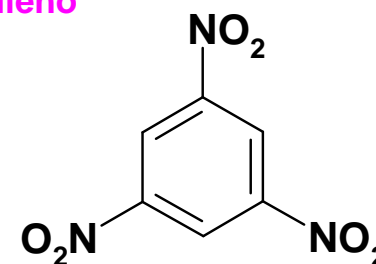
1,3,5-trivinil-benceno



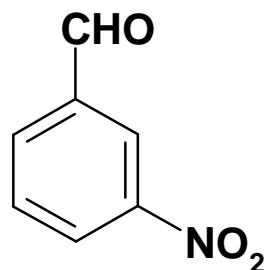
1,2,3-trimetil-benceno



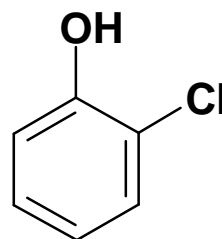
1-bromo-2-nitro-benceno



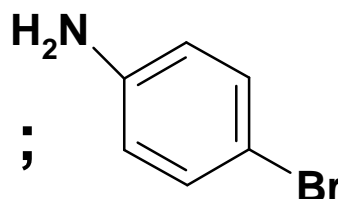
1,3,5-trinitro-benceno



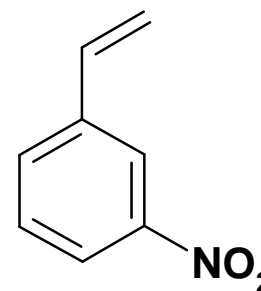
m-nitro-benzaldehído



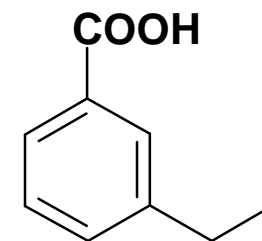
o-clorofenol



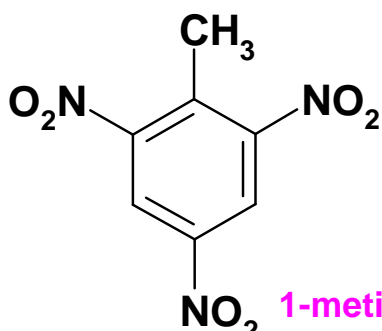
p-bromo-anilina



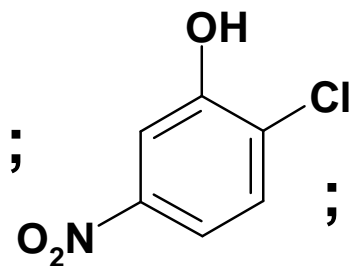
m-nitro-estireno



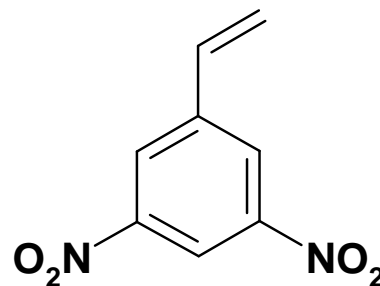
Ácido m-etil-benzoico



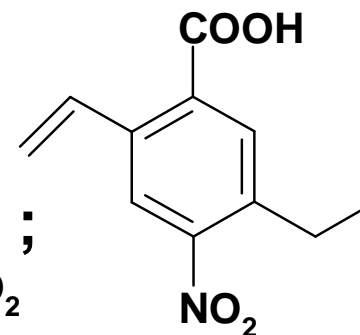
1-metil-2,4,6-trinitro-benceno
2,4,6-trinitro-tolueno (TNT)



2-cloro-5-nitro-fenol

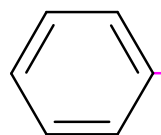


1-vinil-2,5-dinitro-benceno
3,5-dinitro-estireno

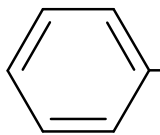
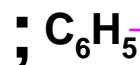


Ácido 5-etil--4-nitro-2- vinil-benzoico

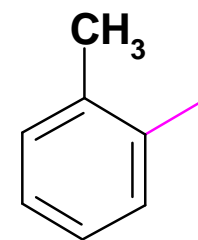
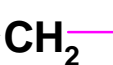
Radicales arilo



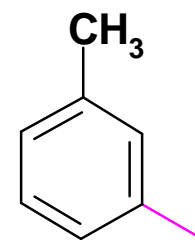
Fenilo (Ph)



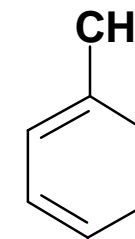
Bencilo (Bn)



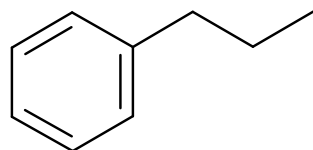
o-Toluilo



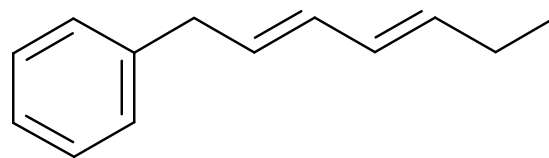
m-Toluilo



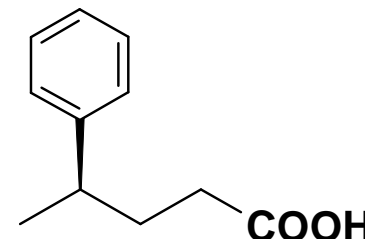
p-Toluilo



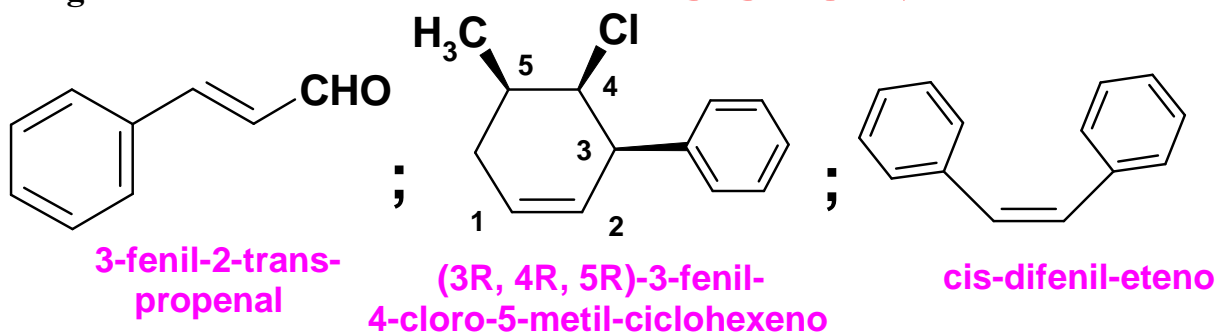
propilbenceno



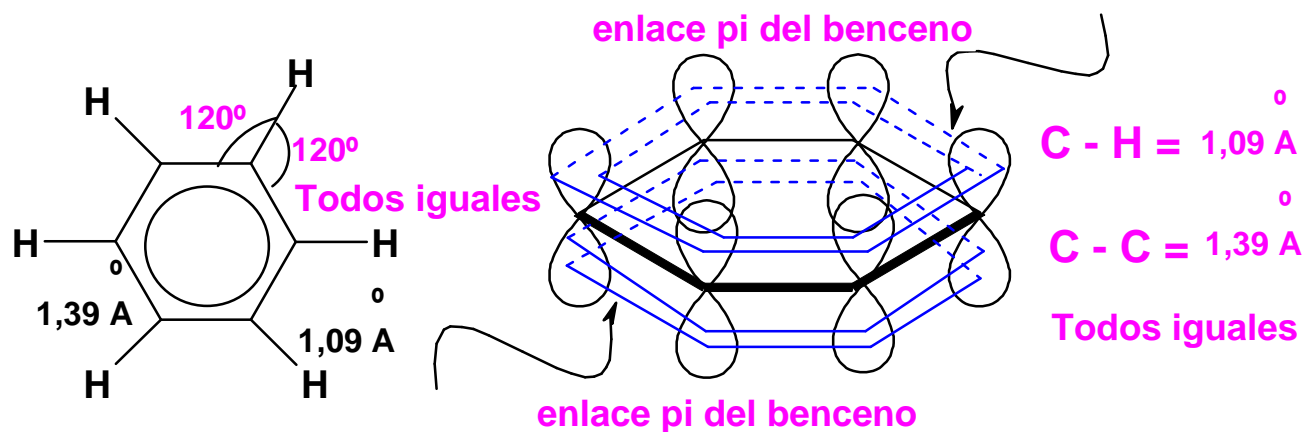
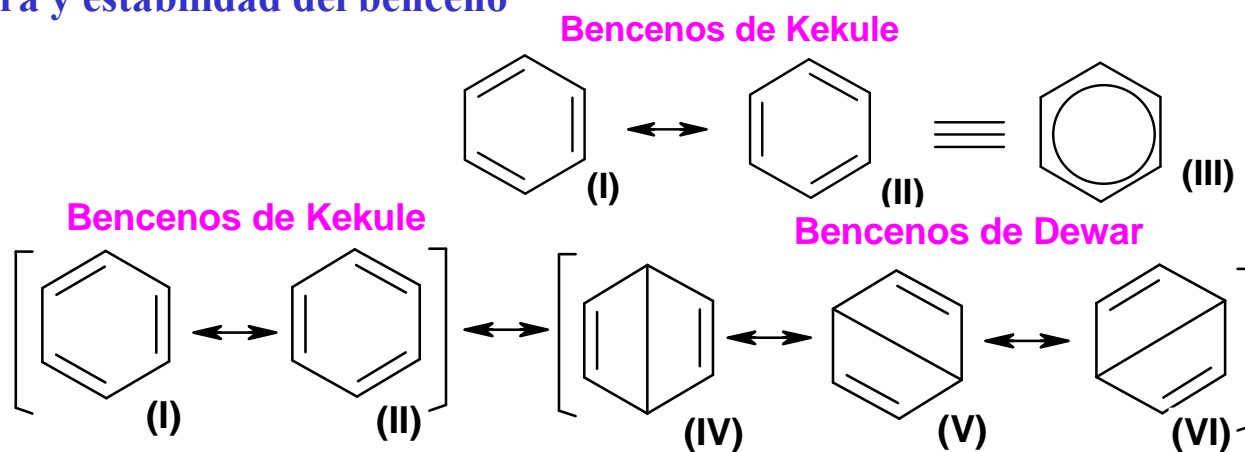
1-fenil-2-trans, 4-trans-heptadieno

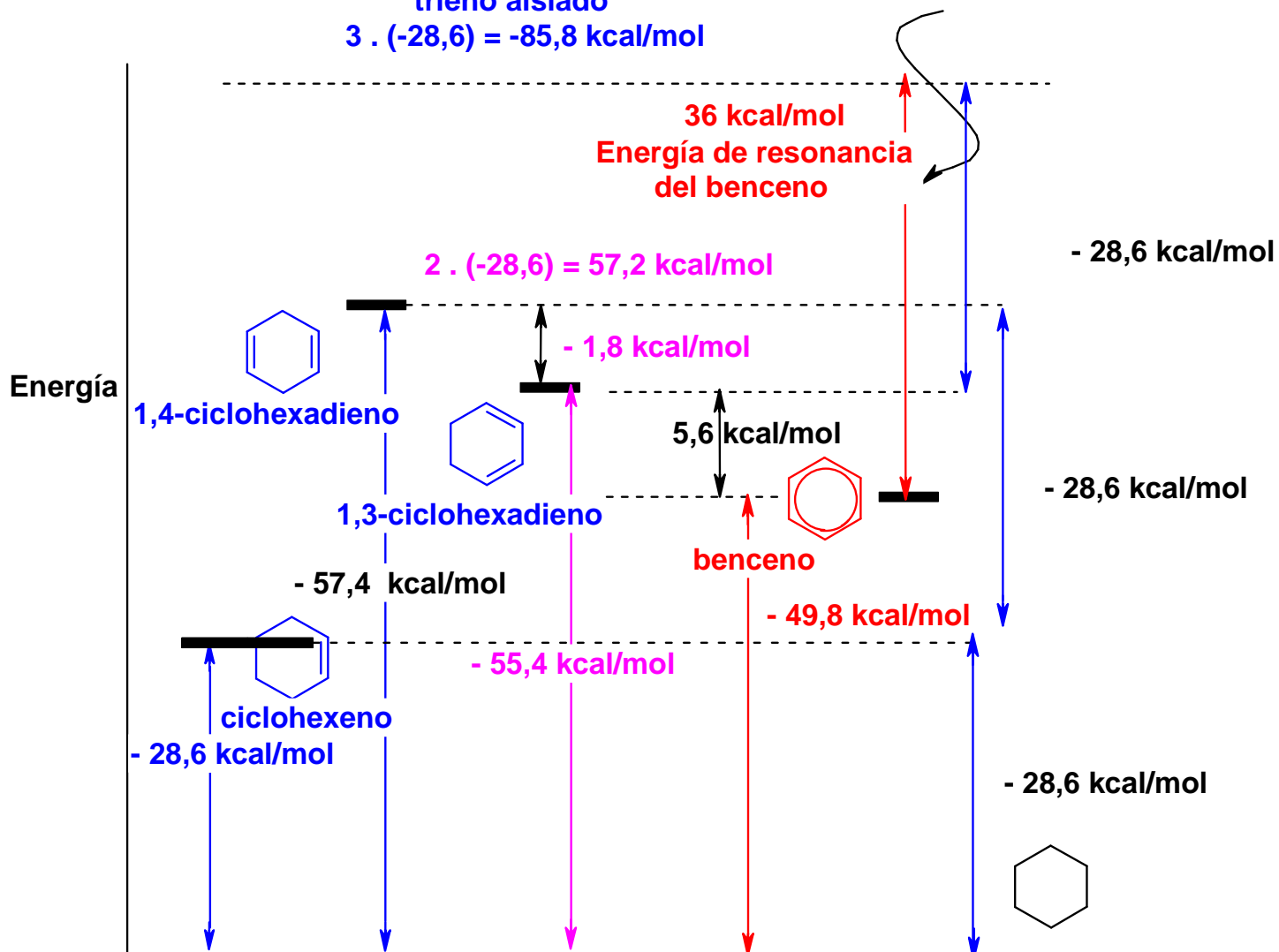


Ácido (4R)-fenil-pentanoico

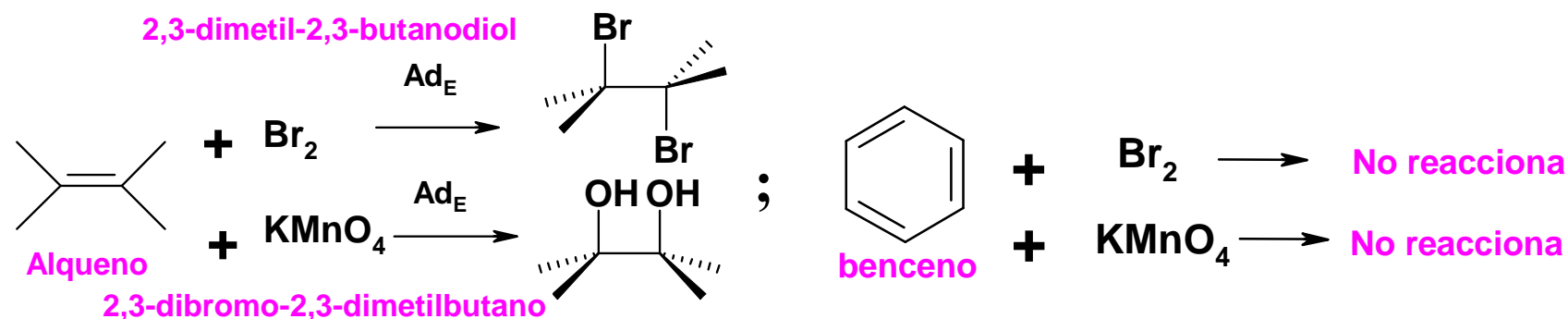


Estructura y estabilidad del benceno

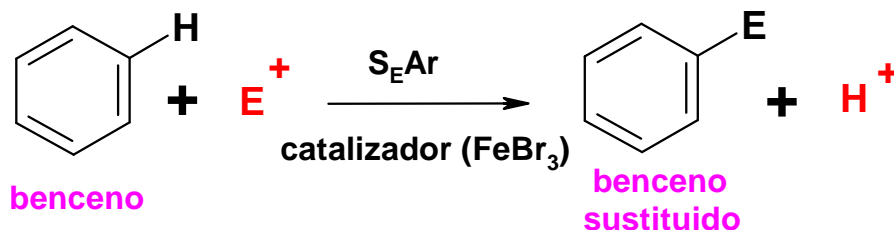




Aromaticidad



Sustitución electrófila aromática (S_EAr)

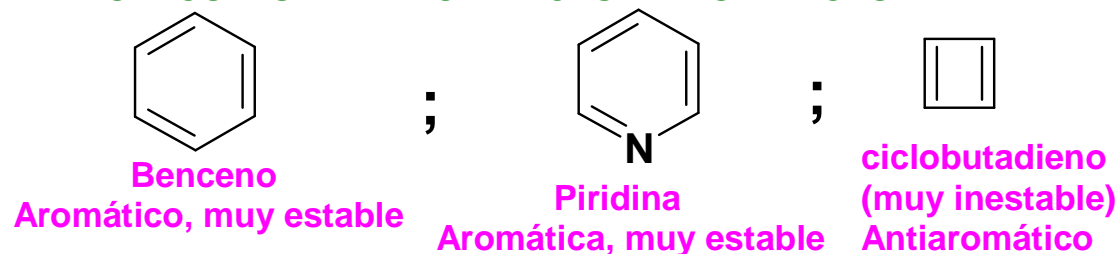


Aromaticidad: requisitos

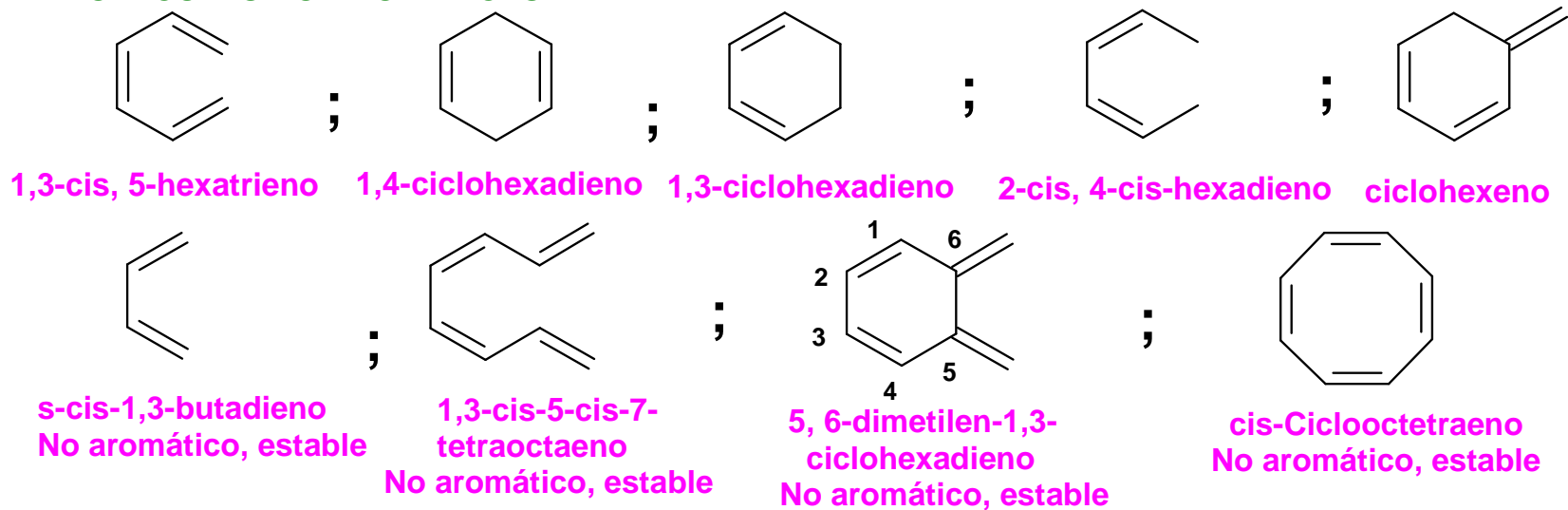
- Cada átomo del anillo debe tener un orbital p libre, lo que obliga a que los átomos que forman el ciclo (carbono o heteroátomos) se encuentren como híbridos sp² (en casos excepcionales sp).
- Los orbitales p deben hallarse paralelos, para que al solaparse formen un continuo de orbitales paralelos en los que los electrones se deslocalicen, lo que obliga a que la molécula sea plana.
- Esta deslocalización electrónica debe entrañar una disminución de energía, o dicho de otro modo, hacer que los compuestos aromáticos sean más estables.
- Un compuesto aromático debe tener una estructura cíclica y contener un número determinado de dobles enlaces conjugados, concretamente (4n + 2) donde n = 0,1,2,3, etc.

- El número de electrones deslocalizados debe cumplir la relación $(4n + 2)$, que se conoce como Regla de Hückel.
- Aromaticidad es la gran estabilidad que presentan los compuestos cíclicos y planos que contienen dentro del ciclo $(4n + 2)$ electrones deslocalizados.
- Antiarromaticidad es la gran inestabilidad que presentan los compuestos cíclicos y planos que contienen dentro del ciclo $(4n)$ electrones deslocalizados.
- No aromáticos son aquellos compuestos que no son ni aromáticos ni antiaromáticos.

MOLÉCULAS ANTIAROMÁTICAS Y AROMÁTICAS

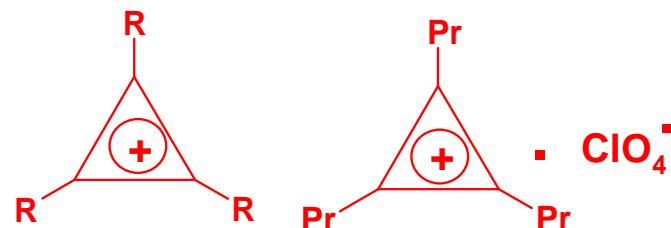


MOLÉCULAS NO AROMÁTICAS

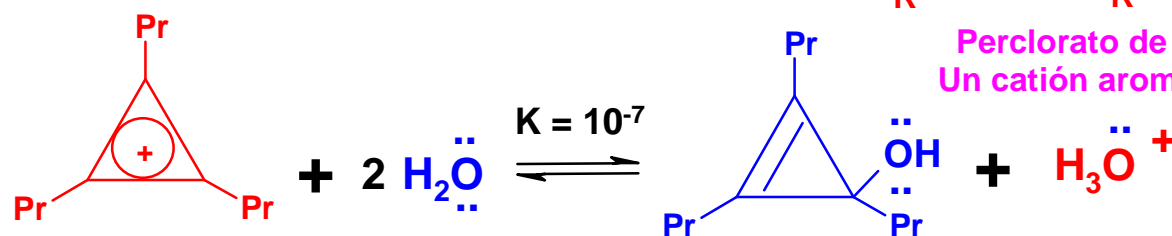


Aromáticos de dos electrones (n=0)

Catión ciclopropenilo. Aromático

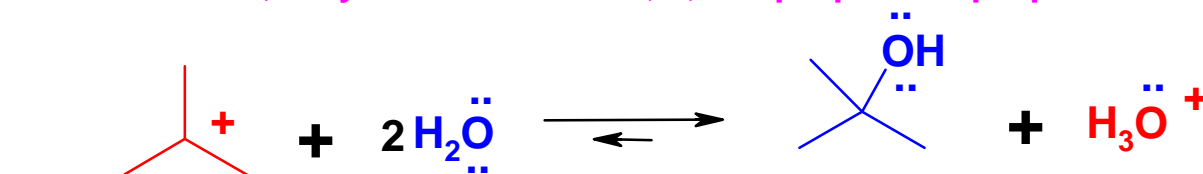


Perclorato de tri-n-propilo
Un catión aromático estable



Catión tri-n-propil-ciclopropenilo
Aromático; muy estable

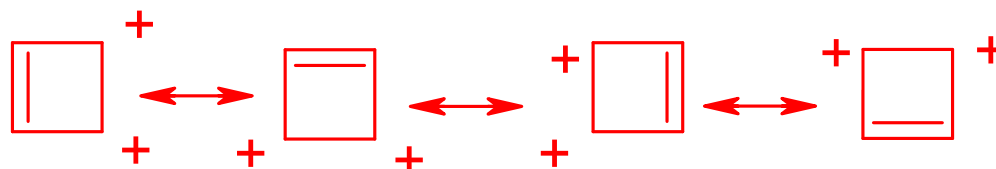
1, 2, 3-n-propil-ciclopropenol



Catión terc-butilo
catión 2-metil-2-propilo

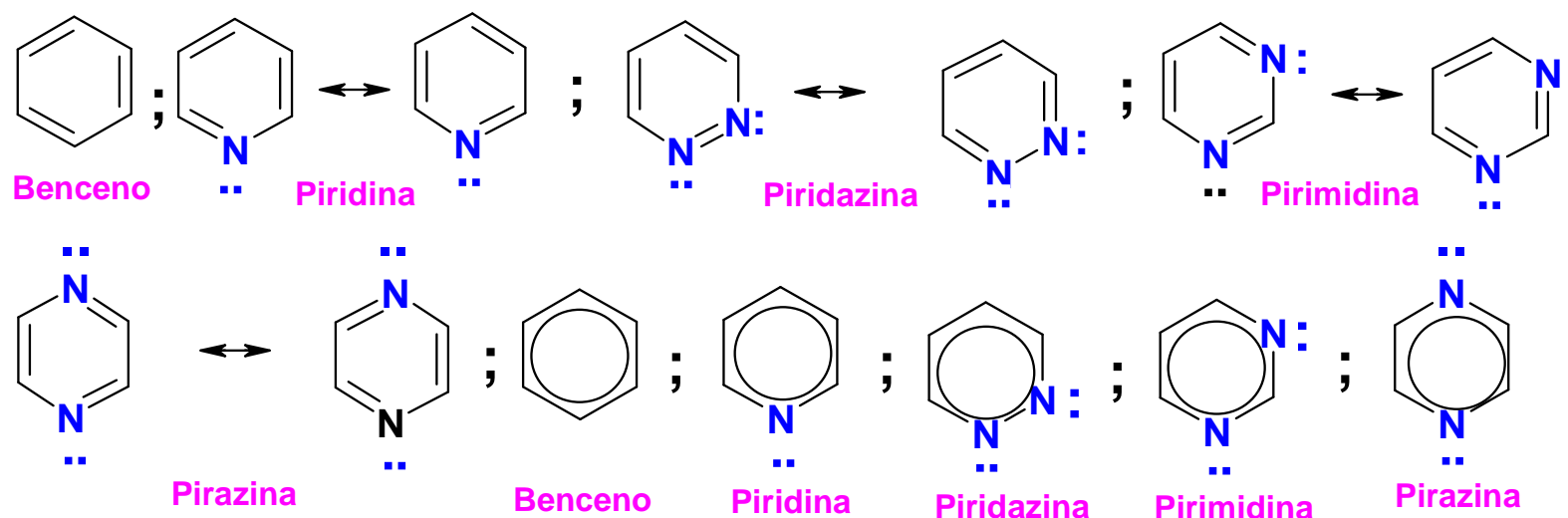
terc-butanol
2-metil-2-propanol

Dicatión ciclobutenilo. Aromático

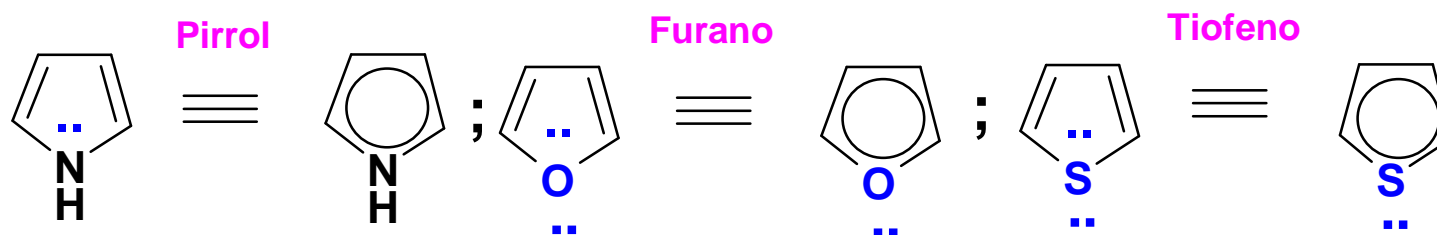


Aromáticos de seis electrones (n = 1)

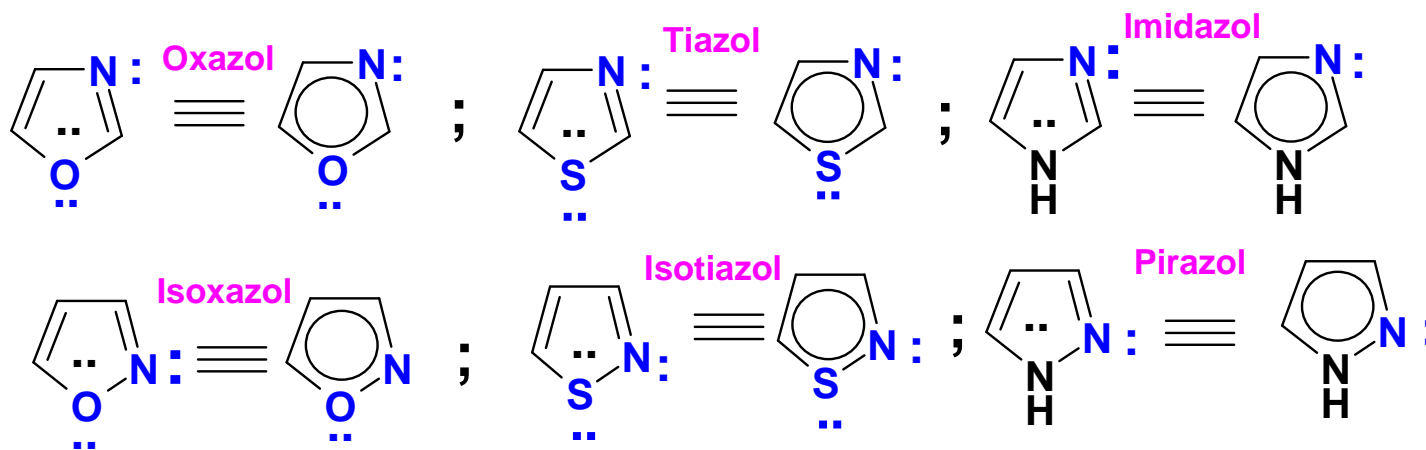
1.- Ciclo de seis eslabones neutro con tres dobles enlaces, es decir seis electrones π (pi).



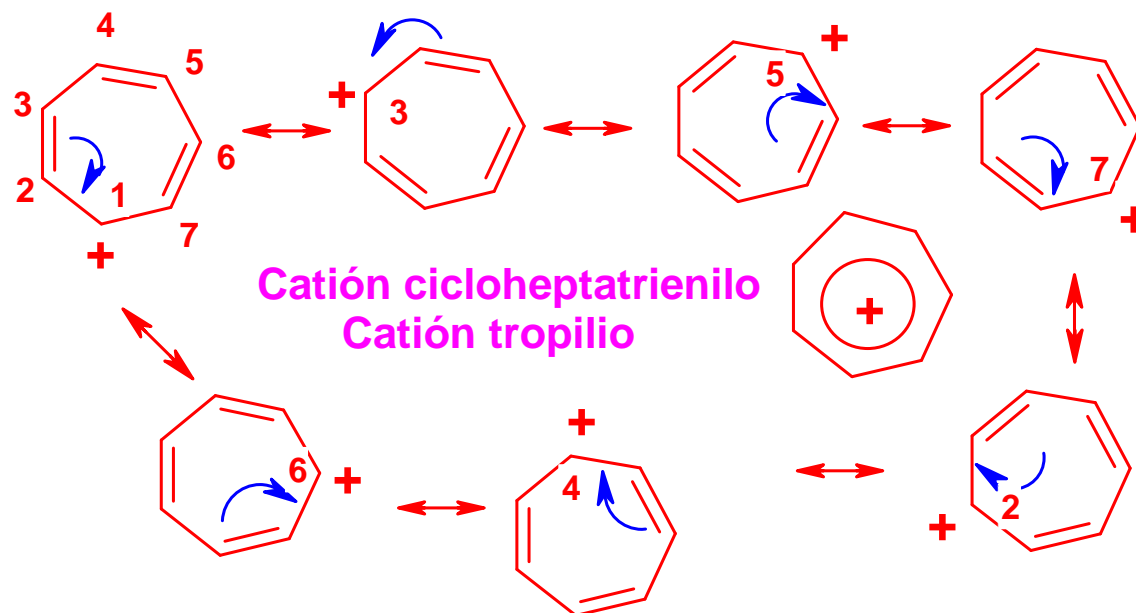
2.- Heterociclos de cinco eslabones neutros con dos dobles enlaces (4 electrones π) y un par electrónico sin compartir sobre el heteroátomo (N, O, S).



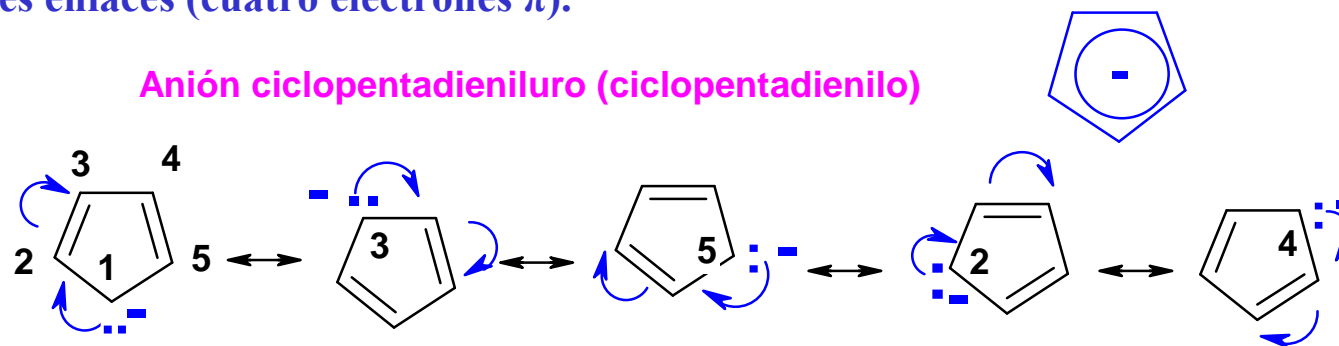
3.- Heterociclos pentagonales neutros con dos dobles enlaces, dos heteroátomos (N, O, S) y un par electrónico sin compartir sobre un heteroátomo:



4.- Carbocationes con seis electrones π (tres dobles enlaces) en un ciclo plano de siete eslabones

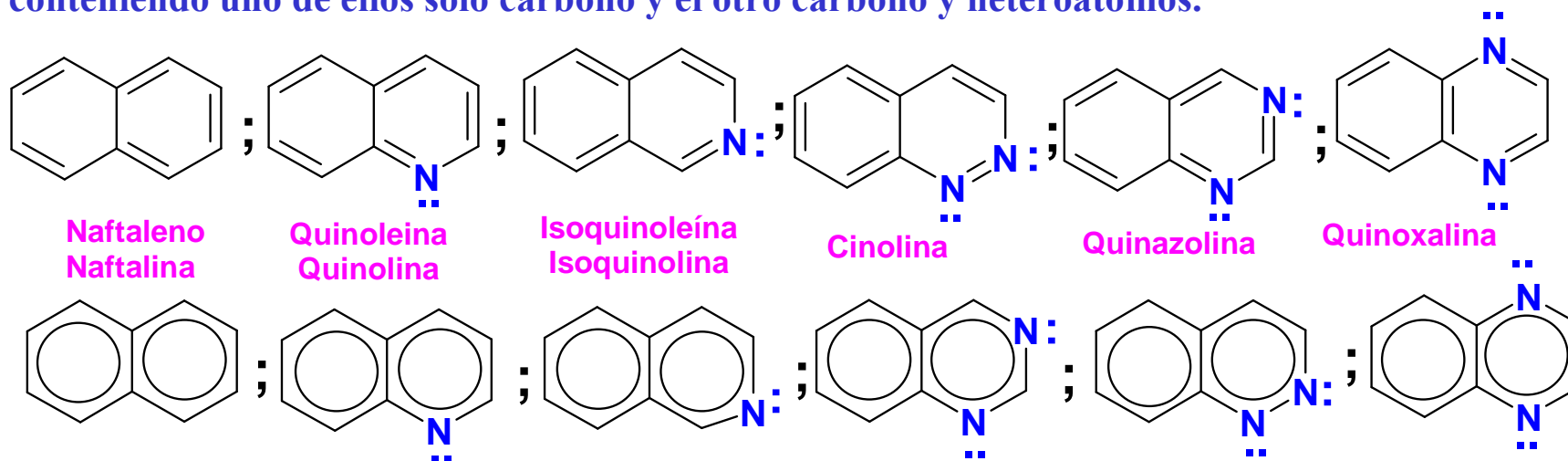


5.- Anión (dos electrones sin compartir apareados) sobre un ciclo plano de cinco eslabones con dos dobles enlaces (cuatro electrones π).

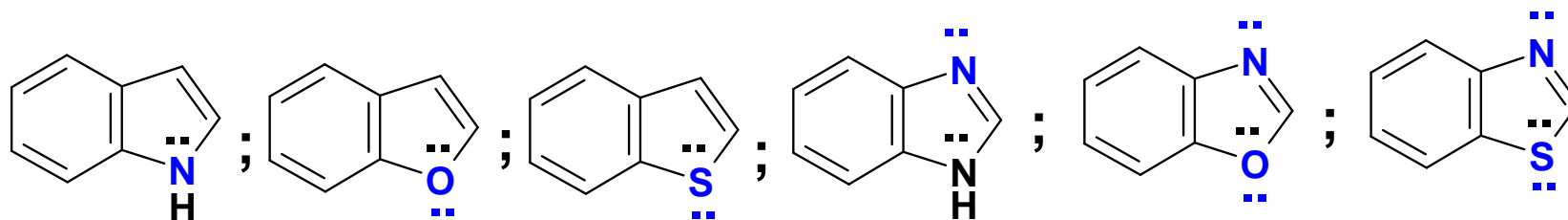


Aromáticos de diez electrones ($n = 2$)

6.- Fusión de dos anillos aromáticos de seis eslabones compartiendo dos átomos de carbono y conteniendo uno de ellos sólo carbono y el otro carbono y heteroátomos.



7.- Fusión de un anillo aromático de seis eslabones con seis electrones π (tres dobles enlaces), con o sin heteroátomos, y un anillo aromático de cinco eslabones con cuatro electrones π (dos dobles enlaces) y un par electrónico sin compartir sobre un heteroátomo.



Indol

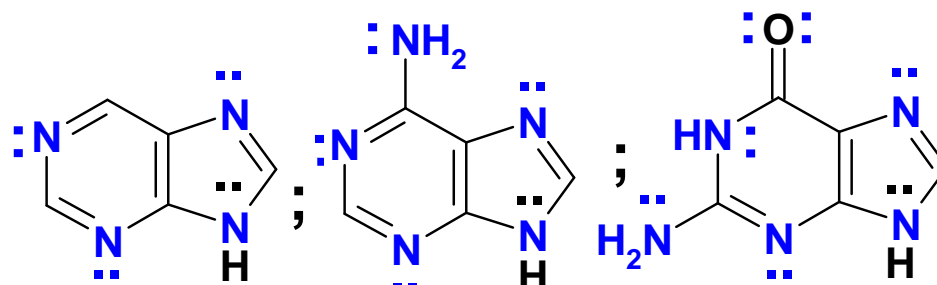
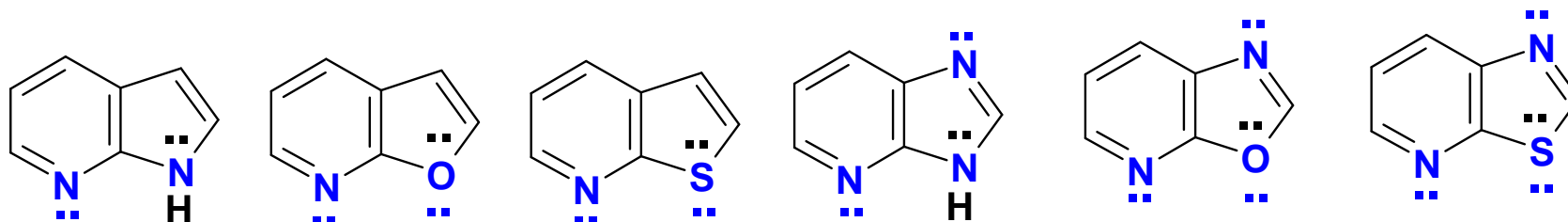
Benzofurano

Benzotiofeno

Benzomidazol

Benzoxazol

Benzotiazol

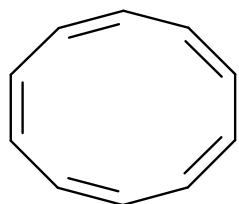


Purina

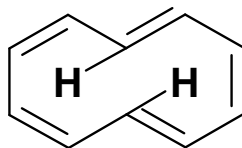
Adenina

Guanina

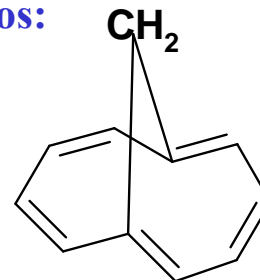
8.- Los anulenos son polienos cíclicos de fórmula general $(CH)_n$ ($n = 10$) con $(n/2)$ dobles enlaces conjugados, algunos de los cuales son planos y aromáticos:



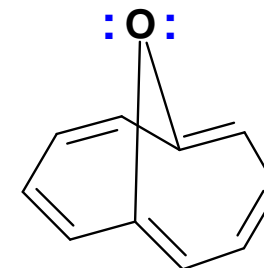
Todo cis-ciclododecapentaeno
Poco estable por su gran
tensión angular. No
aromático



(Z,Z,E,Z,E)-ciclopentaeno
Poco estable por la
interacción de los H
orientados hacia el interior
del anillo. No aromático

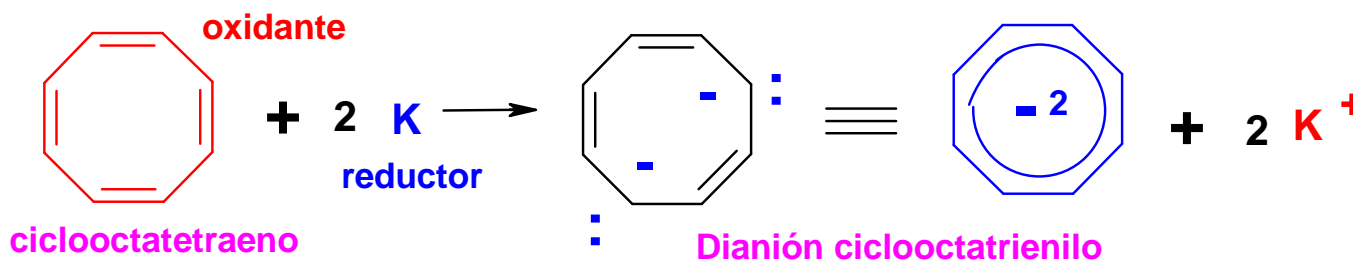


Biciclo-[4,4,1]-undeca-
1,3,5,7,9-pentaeno
No es completamente
coplanar, pero tiene un
apreciable carácter
aromático



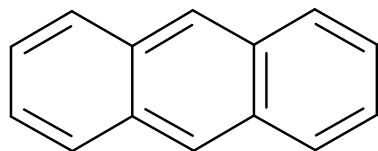
11-oxa-biciclo-[4,4,1]-
undeca-1,3,5,7,9-pentaeno
No es completamente
coplanar, pero tiene un
apreciable carácter
aromático

9.- Dianiones (cuatro electrones sin compartir apareados) cíclicos planos, con tres dobles enlaces (seis electrones π). Se producen cuando se trata el ciclooctatetraeno con metales alcalinos como el K (2 moles de átomos), que cede dos electrones (uno cada átomo) para formar el dianión. Se trata de un proceso redox donde el ciclooctatetraeno actúa como oxidante (se reduce), mientras que el potasio actúa como reductor (se oxida):

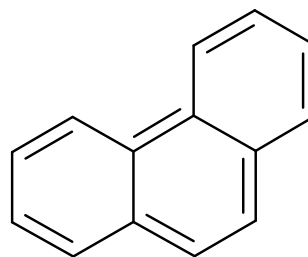


Aromáticos de catorce electrones ($n = 3$)

10.- Compuestos policíclicos formados por fusión de tres anillos bencénicos (o similares).

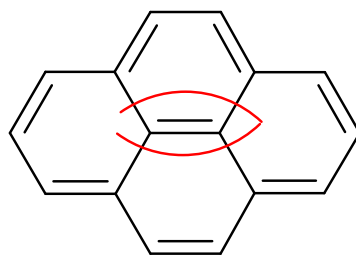


Antraceno
Compuesto aromático
14 electrones π ($n = 3$)

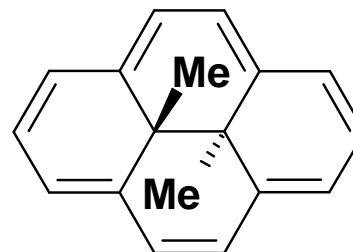


Fenantreno
Compuesto aromático
14 electrones π ($n = 3$)

11.- Compuestos policíclicos formados por la fusión de cuatro anillos bencénicos (o similares) de modo que quede un doble enlace en el interior del ciclo (que no se contabiliza) y sólo se tienen en cuenta los dobles enlaces (los electrones π) periféricos:

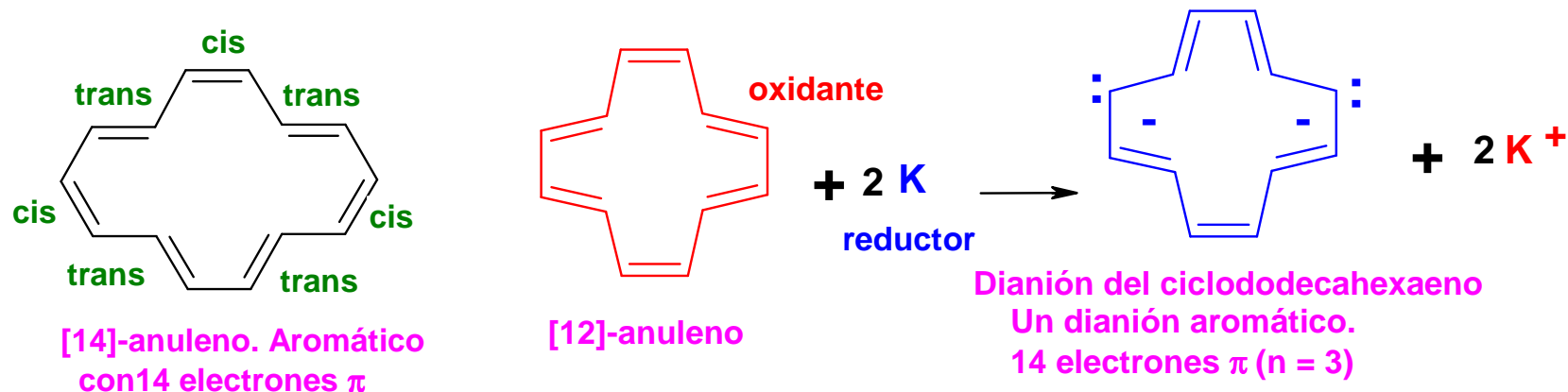


Pireno
Compuesto aromático
14 electrones π ($n = 3$)
El doble enlace interior
no se contabiliza

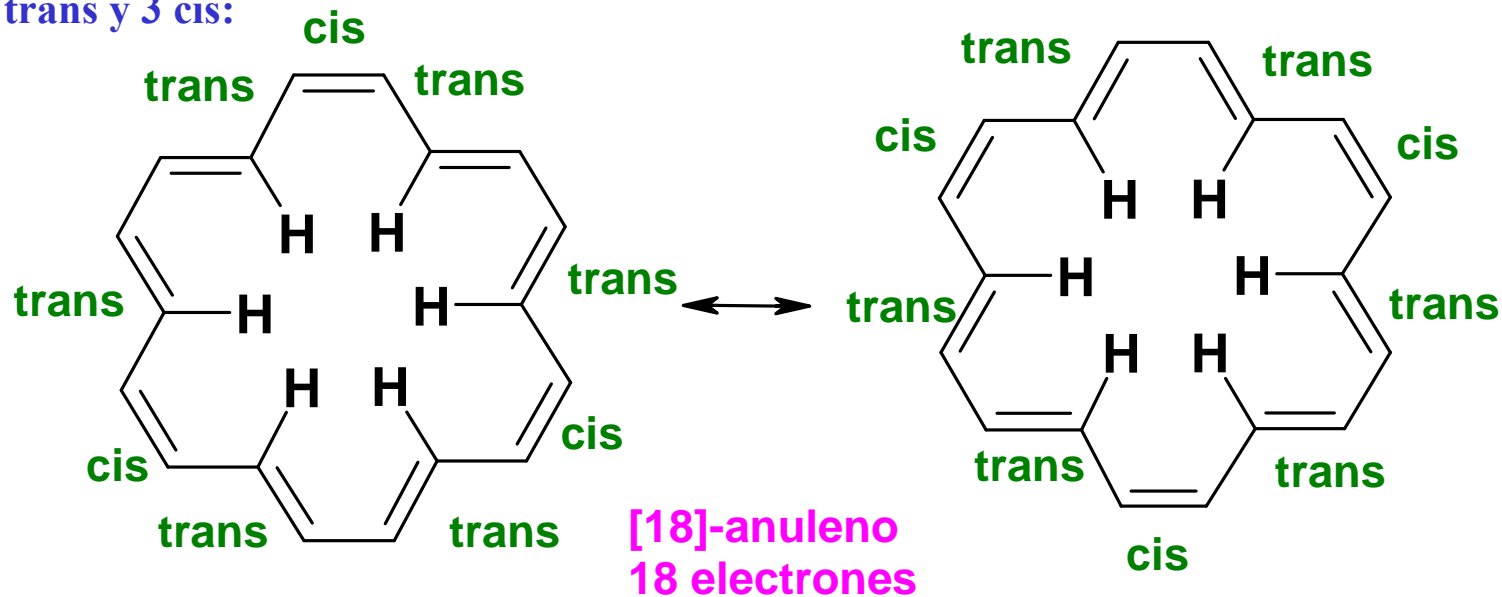


**Trans-10b, 10c-dimetil-
10b, 10c-dihidropireno**
14 electrones π ($n = 3$)

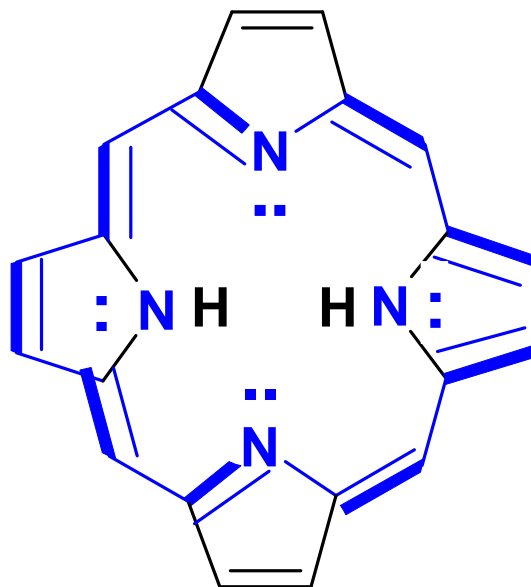
11.- Anulenos con catorce electrones $(CH)_n$ ($n = 14$) o el anión resultante de añadir dos electrones a un 12-anuleno:



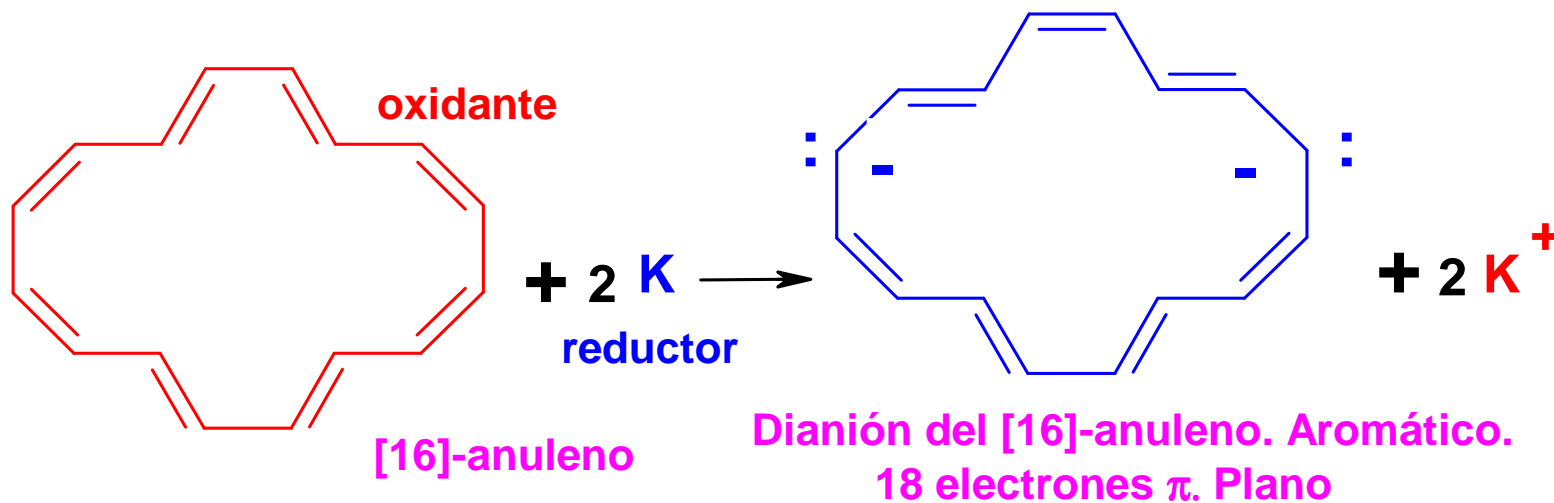
12.- Aromáticos de 18 electrones. Anuleno con 18 electrones ($n = 18$) y 9 dobles enlaces de los que 5 son trans y 3 cis:



LECCIÓN 14

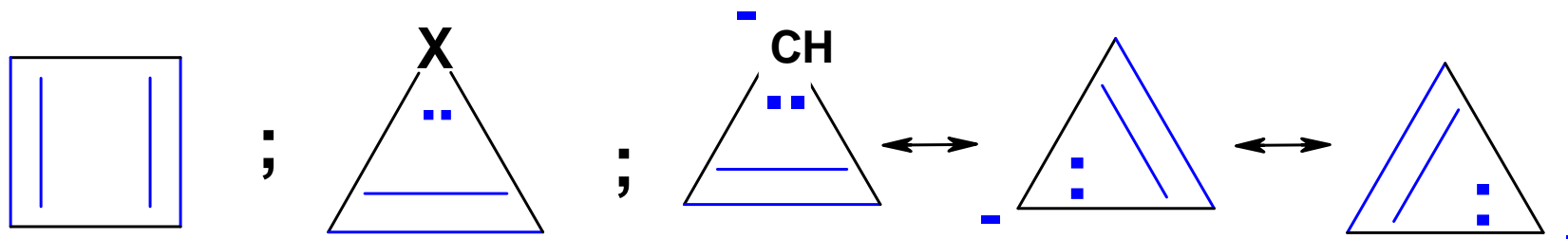


Porfina. El sistema aromático está en trazo grueso azul. 18 electrones π



Compuestos antiarómicos

1.- Antiarómicos neutros de cuatro electrones (n = 1)

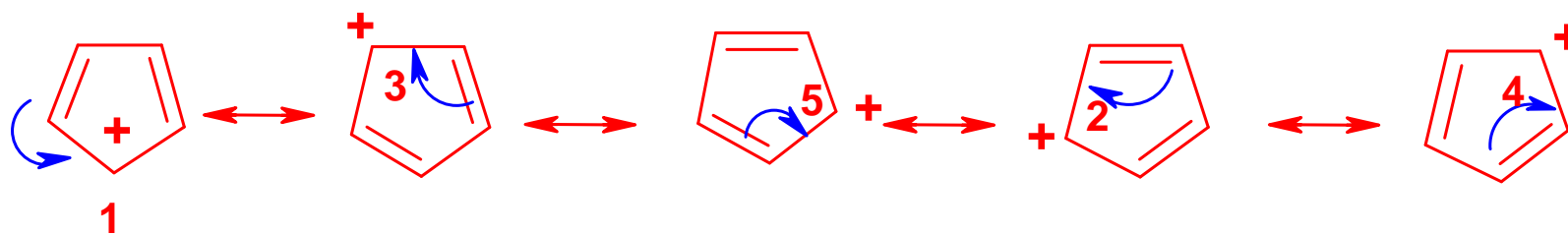


Ciclobutadieno
Antiaromático

X = O; Oxireno
X = NH; Azirina
Sustancias antiarómicas

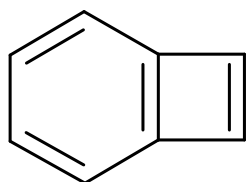
Anión 2-ciclopropenilo
Antiaromático. 4 electrones π (n = 1)

2.- Antiarómicos catiónicos de cuatro electrones

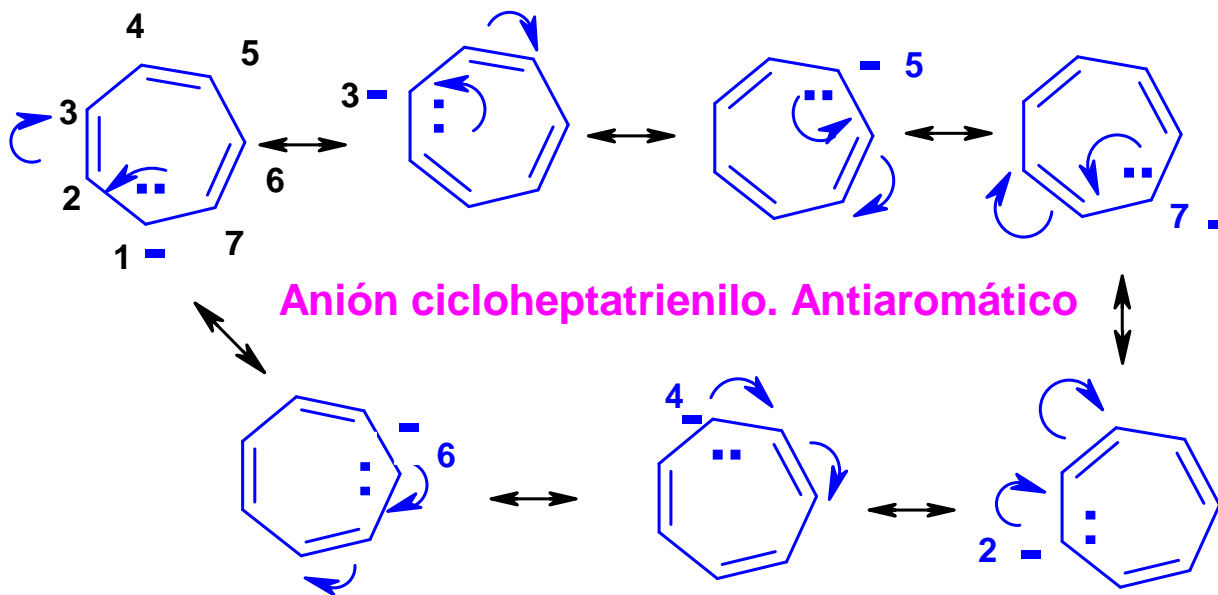


Catión ciclopentadienilo. Antiaromático

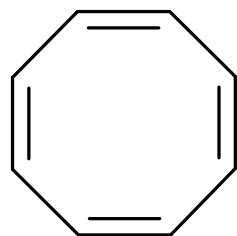
3.- Compuestos neutros y aniones antiarómicos de ocho electrones ($n = 2$)



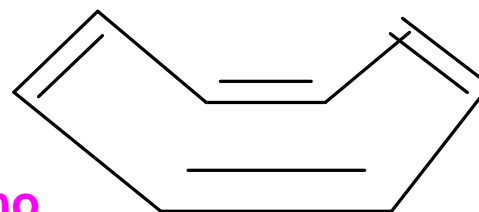
benzociclobuteno
antiaromático



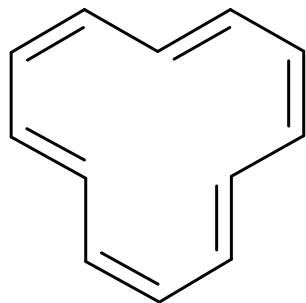
Anión cicloheptatrienilo. Antiaromático



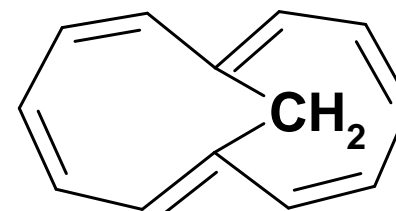
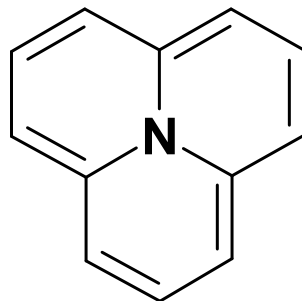
Cis-ciclooctatetraeno.
Compuesto no aromático
No es antiaromático pues
no es plano



3.- Antiaromáticos neutros de doce electrones (n = 3)

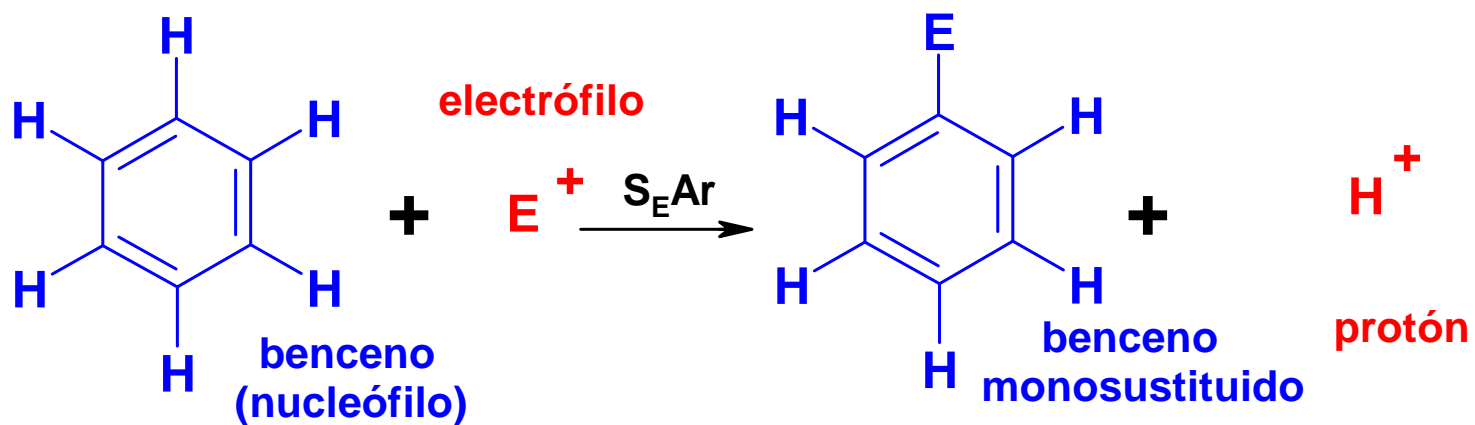


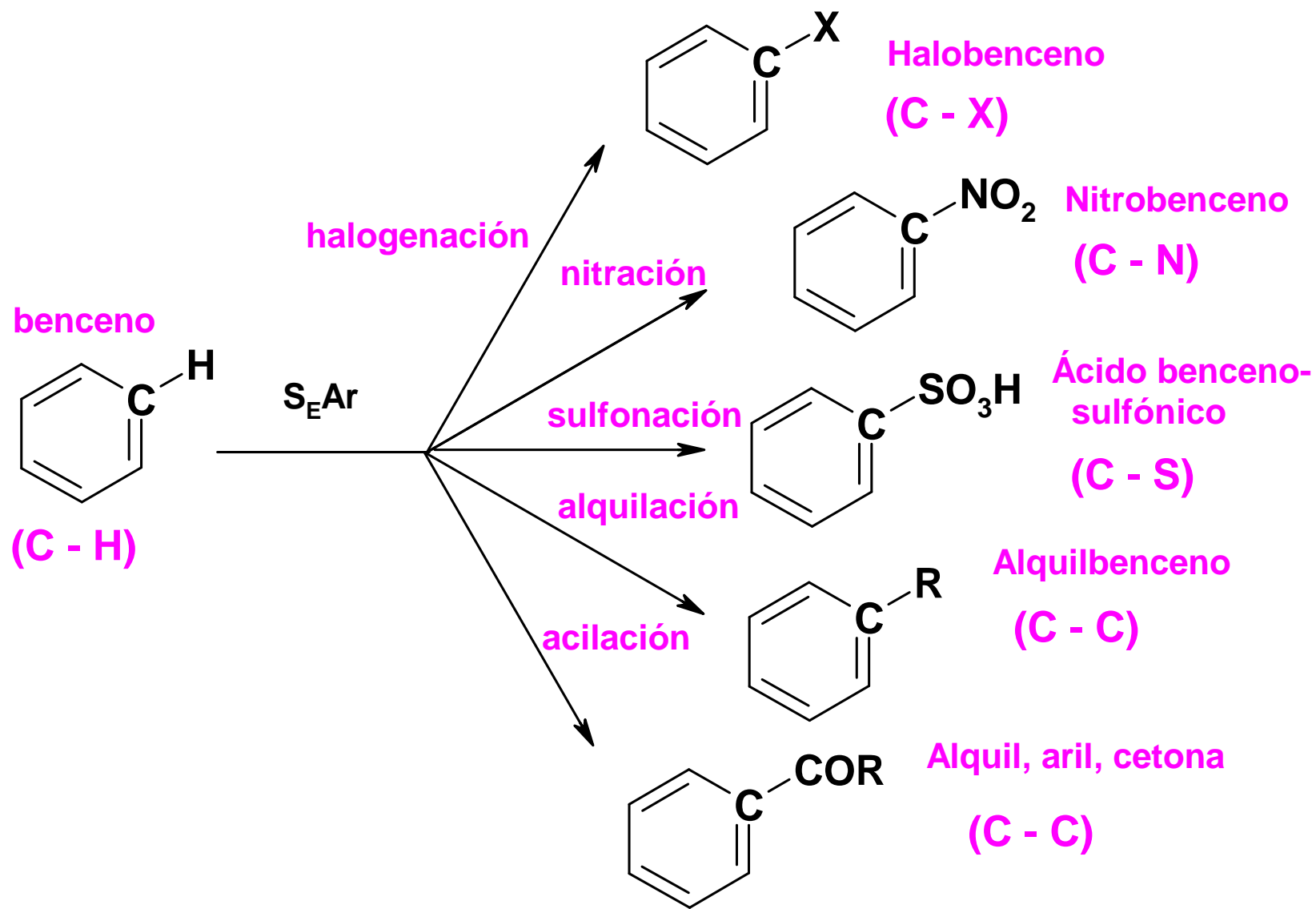
[12]- Anuleno
Compuesto antiaromático



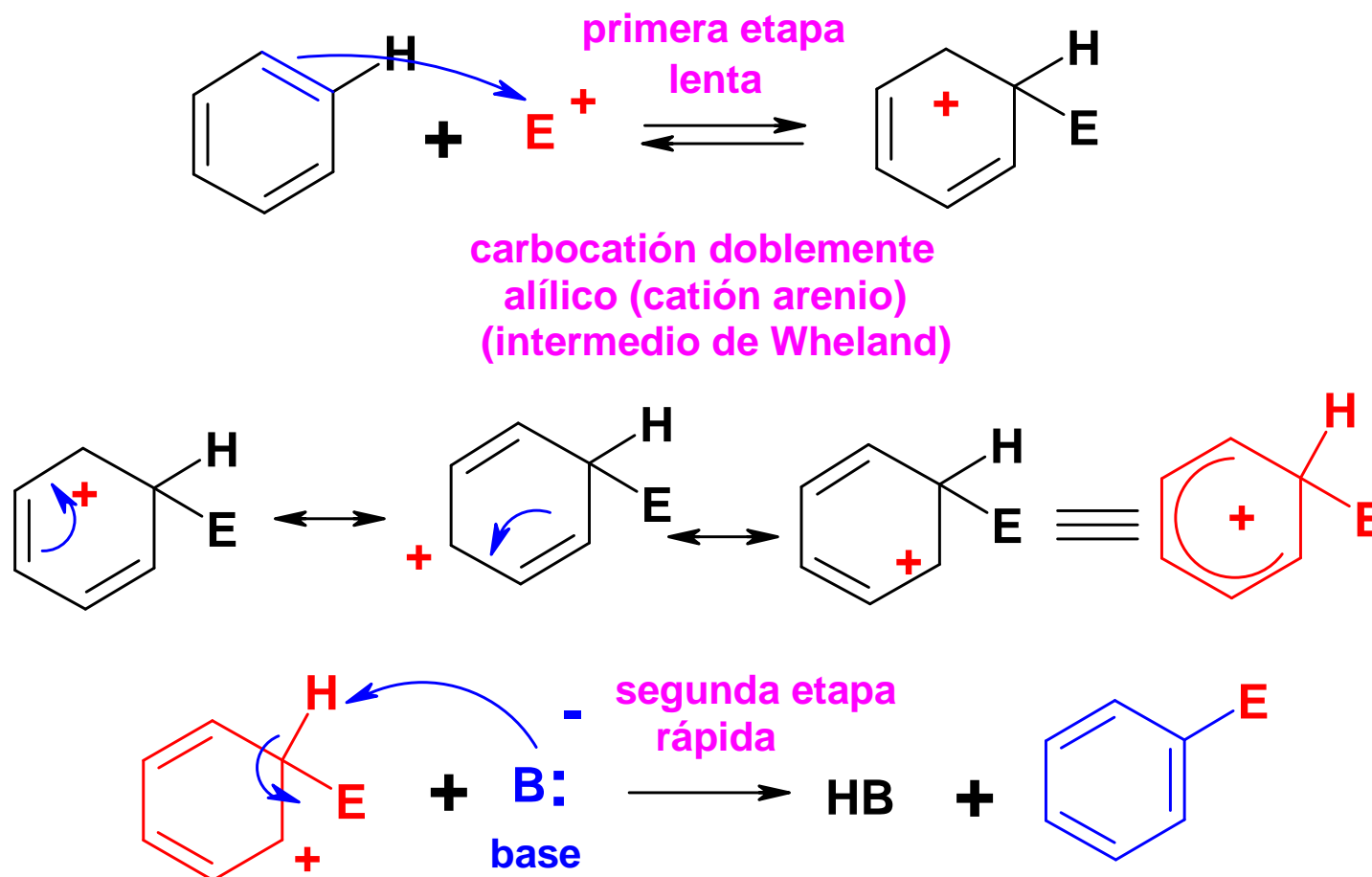
Compuestos antiaromáticos de 12 electrones

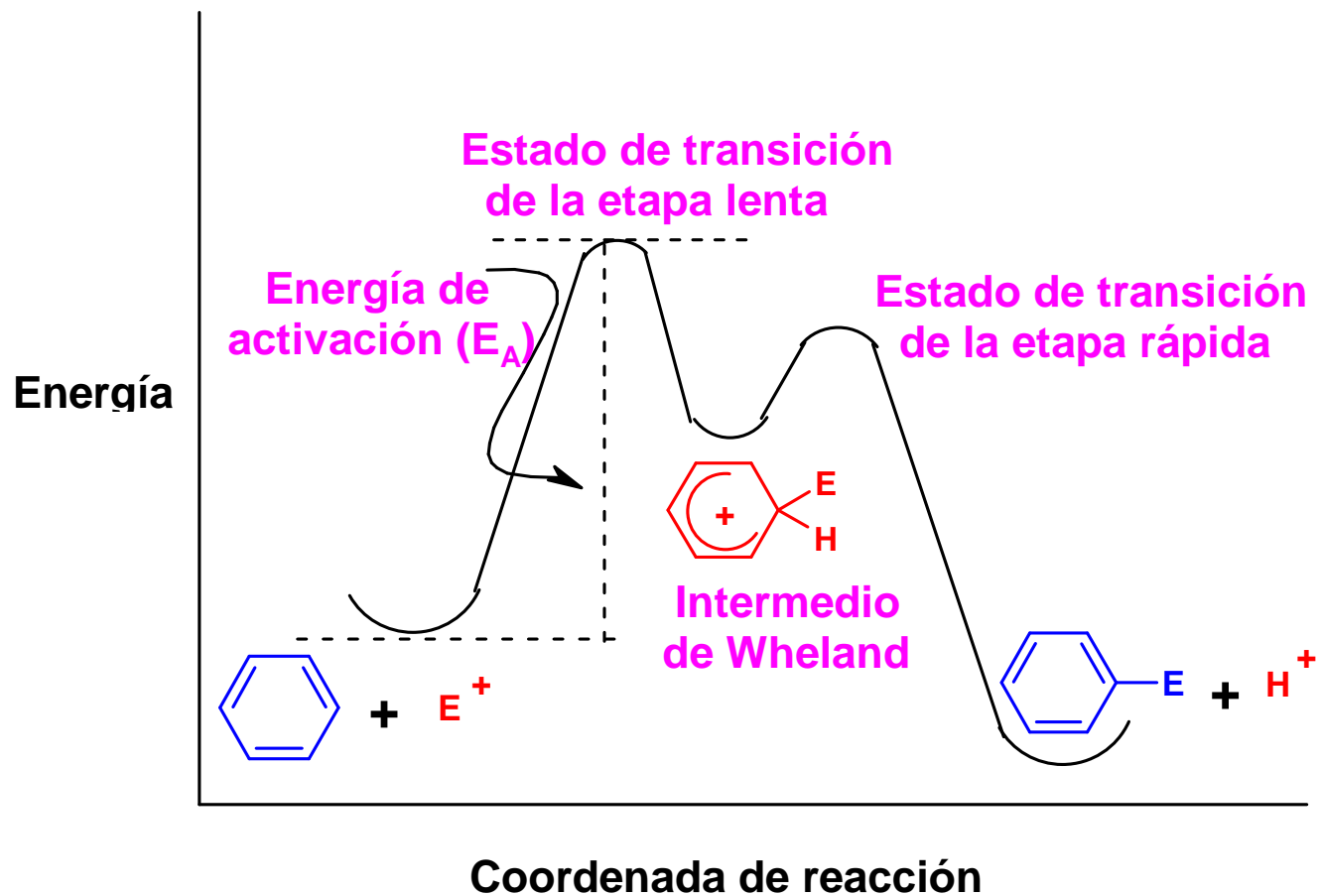
Reactividad química del benceno y sus derivados: S_EAr



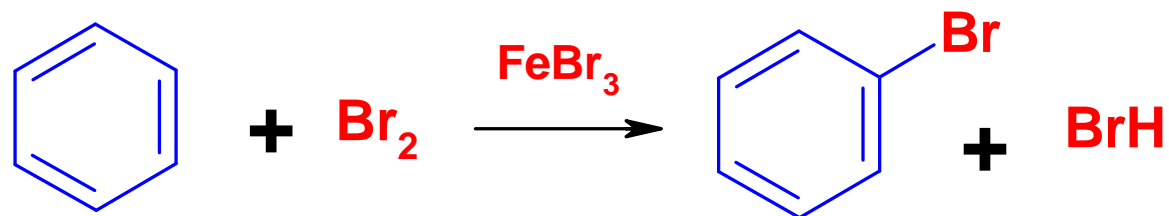


Mecanismo de las reacciones S_EAr



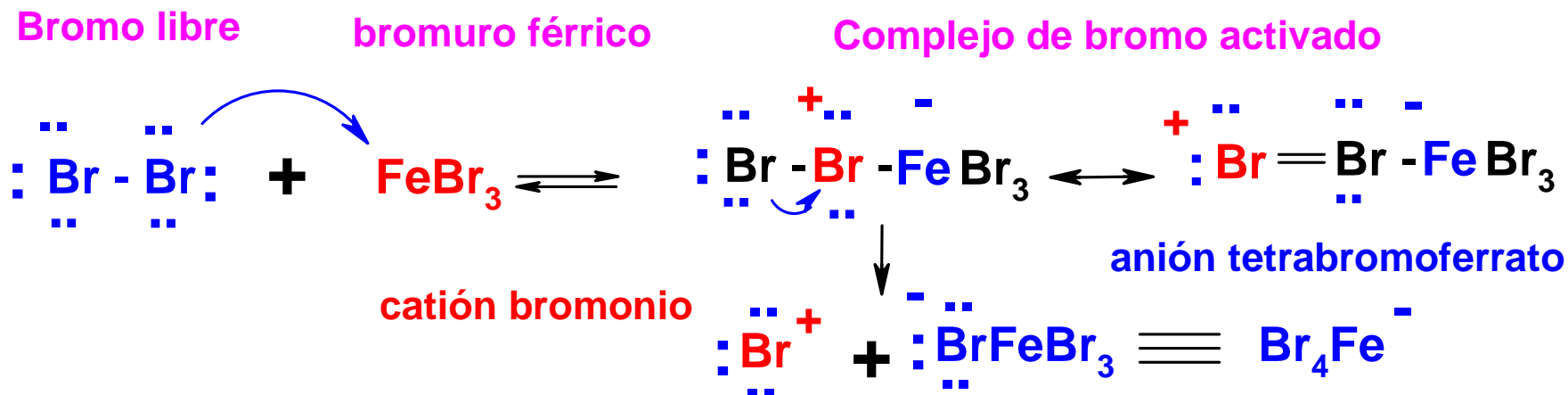


Halogenación del benceno



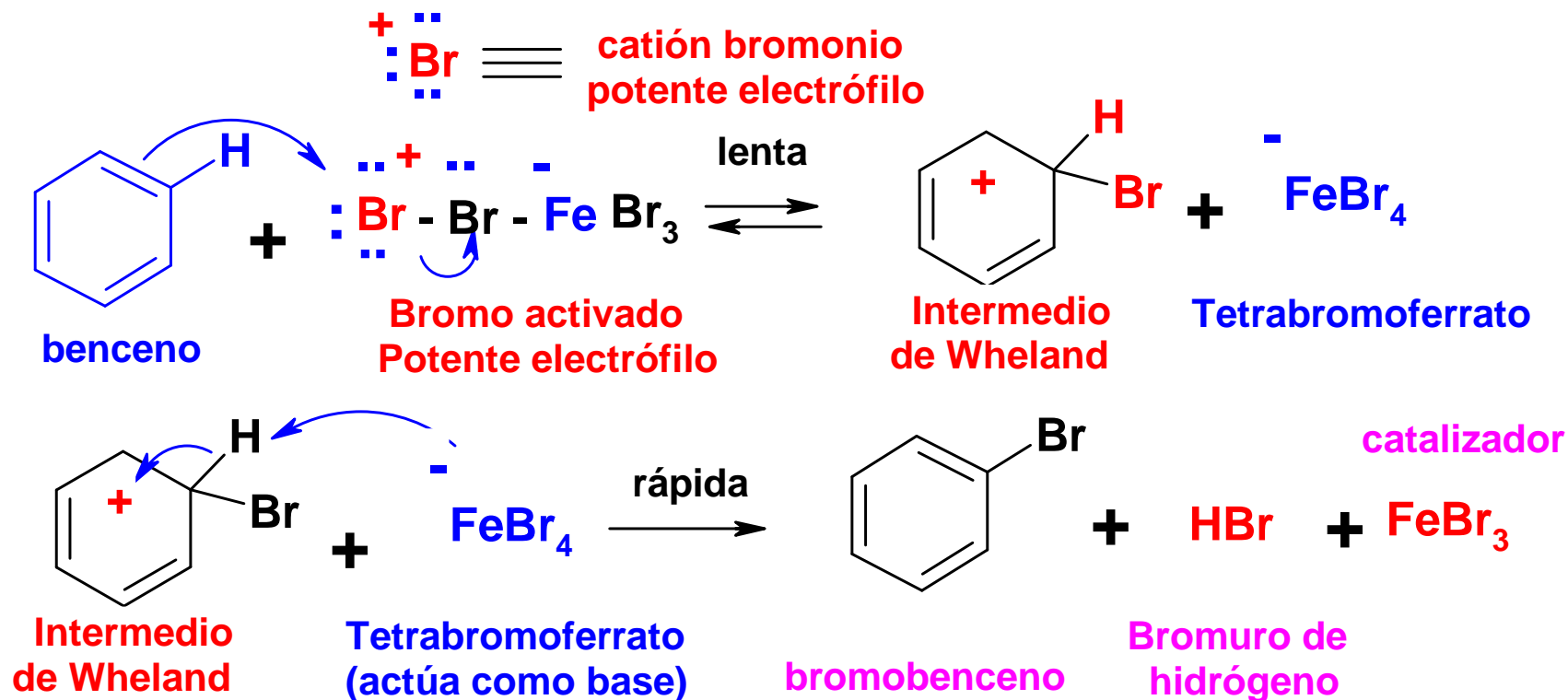
Mecanismo de la bromación

Primera etapa. Formación del electrófilo



Tanto el complejo de bromo activado como el ion bromonio libre son potentes electrófilos capaces de atacar al anillo bencénico y se forman por la acción del FeBr₃ que actúa como catalizador electrófilo (acepta un par de electrones) y debe regenerarse.

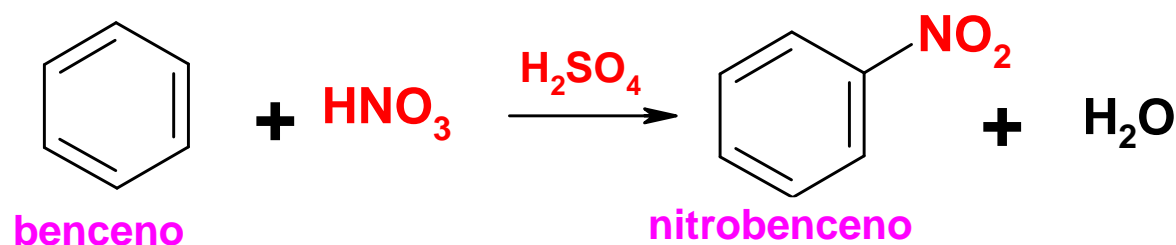
Segunda etapa. Ataque del electrófilo sobre el anillo bencénico



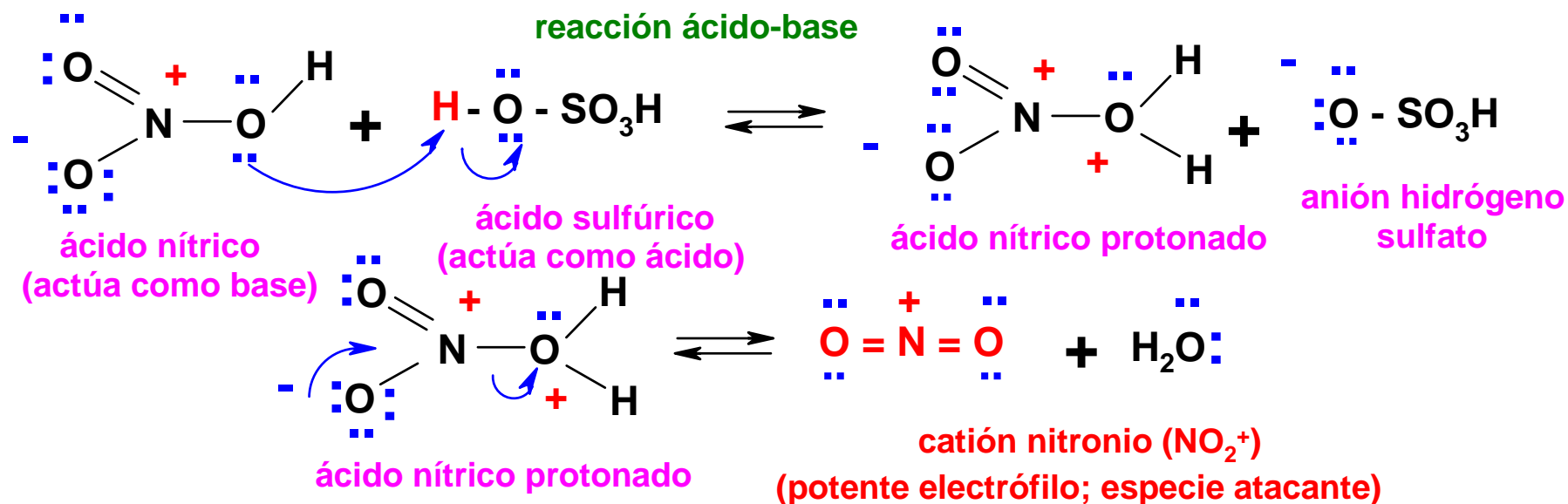
La cloración ocurre de manera análoga (vía un ion cloronio o el complejo activado de cloro formado en presencia de FeCl_3 como catalizador), pero la fluoración directa no puede hacerse porque la reacción es demasiado enérgica y la yodación directa tampoco porque es demasiado lenta.

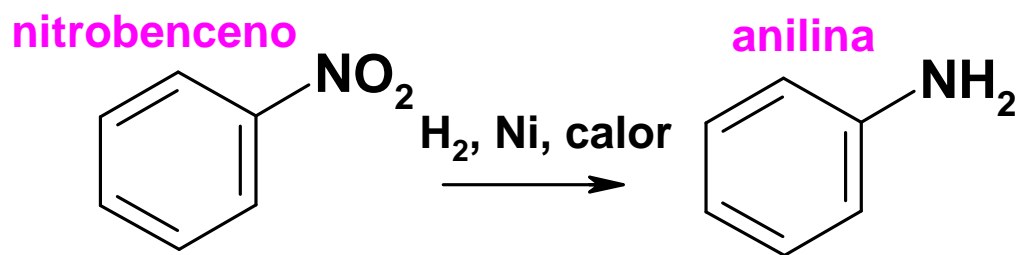
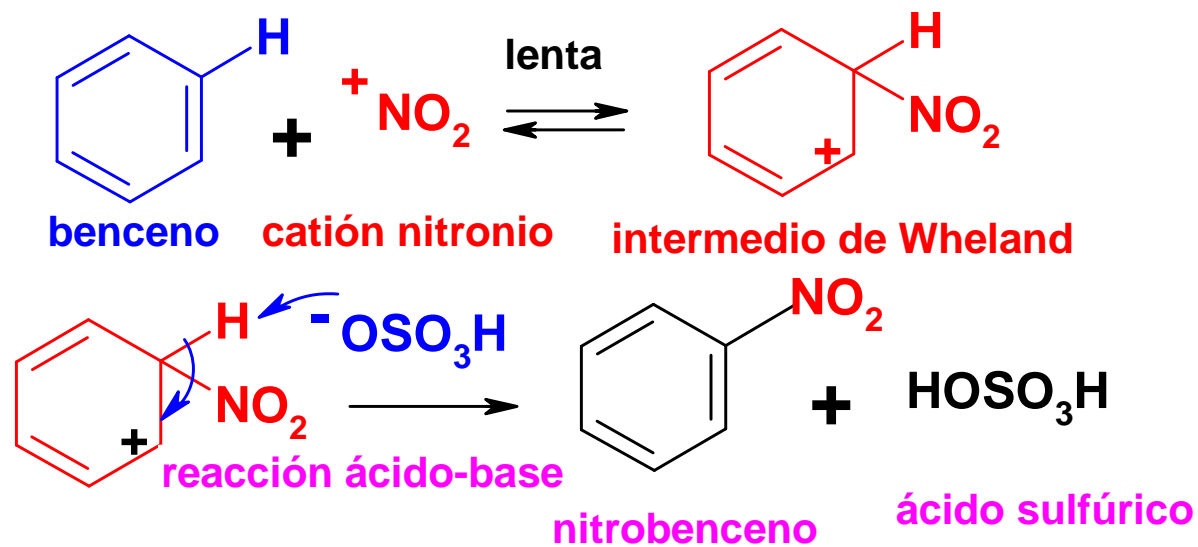
El yodobenceno puede prepararse activando el yodo con diversos reactivos [ácido nítrico, ácido yódico (HIO_3), ácido peracético ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), etc.], que actuando como oxidantes convierten al HI en I_2 desplazando el equilibrio, pero el mejor camino es a través de las sales de diazonio, proceso que se verá más adelante y que también se usa para la preparación de los fluoroderivados.

Nitración del benceno

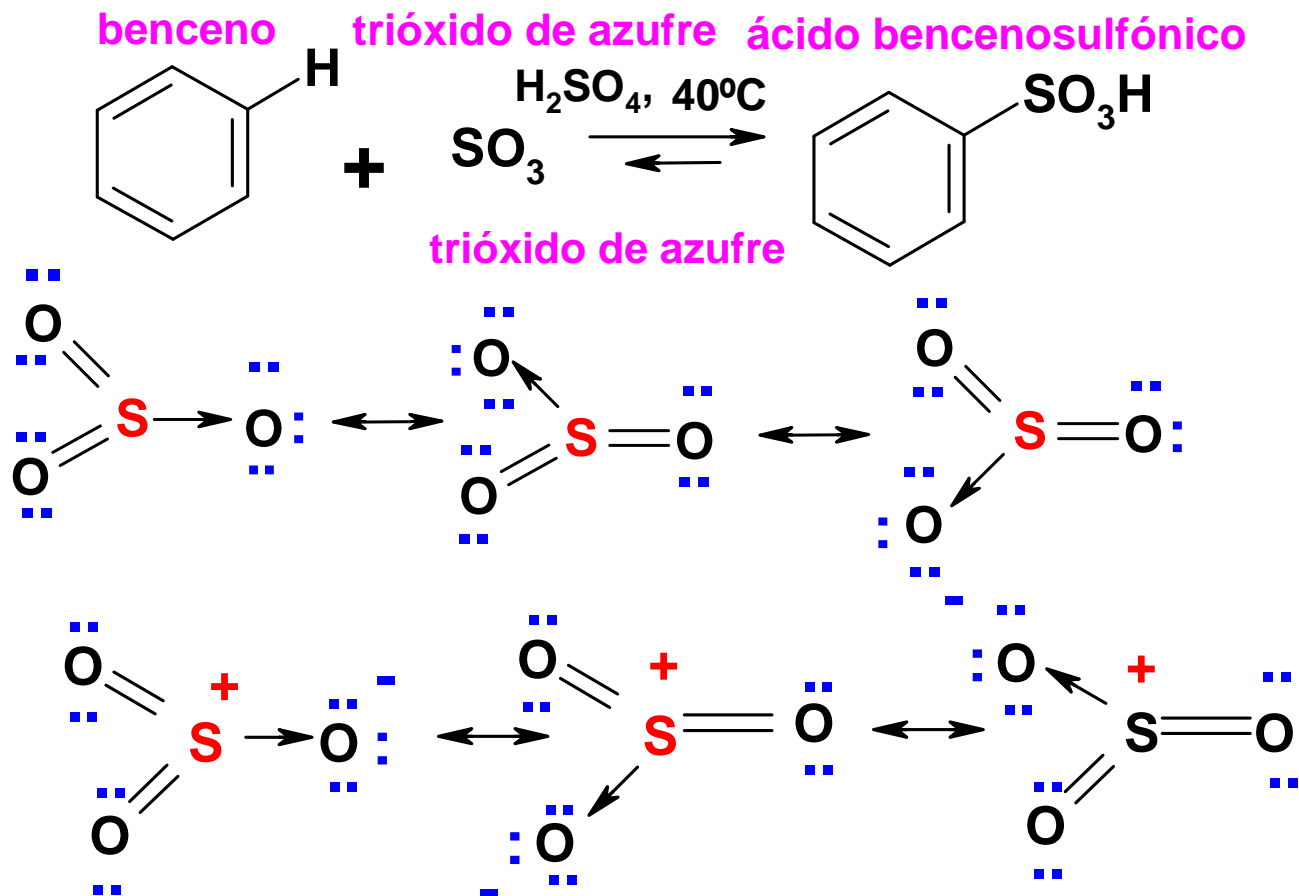


Mecanismo de la nitración: Formación del electrófilo ($^+\text{NO}_2$)

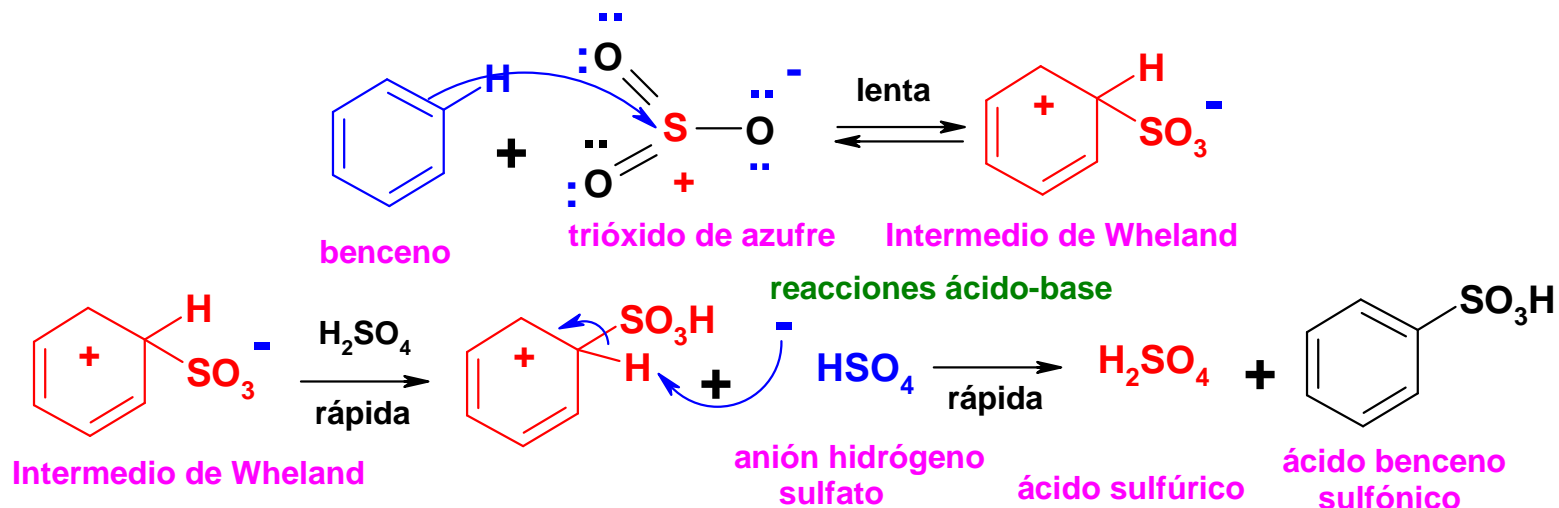




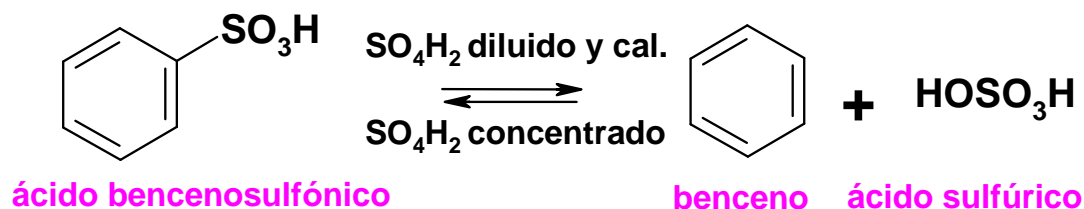
Sulfonación del benceno



Se utiliza ácido sulfúrico fumante que es una mezcla de ácido sulfúrico y trióxido de azufre, siendo esta última la especie electrófila, ya que el azufre en esta molécula tiene carga positiva, o sea, es deficiente en electrones. El ataque del SO_3 conduce directamente al intermedio de Wheland, que es protonado por el ácido sulfúrico y a continuación deprotonado por el hidrógeno sulfato formado en la protonación, que actúa como base regenerando el ácido sulfúrico:



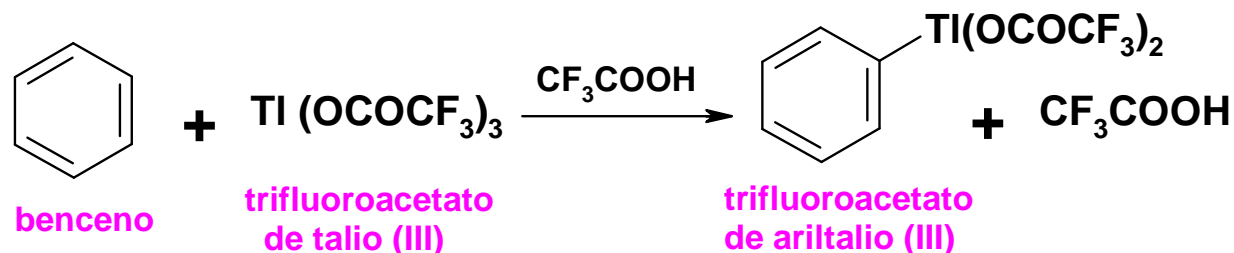
La sulfonación es reversible y así, calentando energicamente el ácido bencenosulfónico se libera ácido sulfúrico regenerando benceno. En general, la sulfonación está favorecida en medio ácido fuerte y la desulfonación en ácidos diluidos y en caliente:



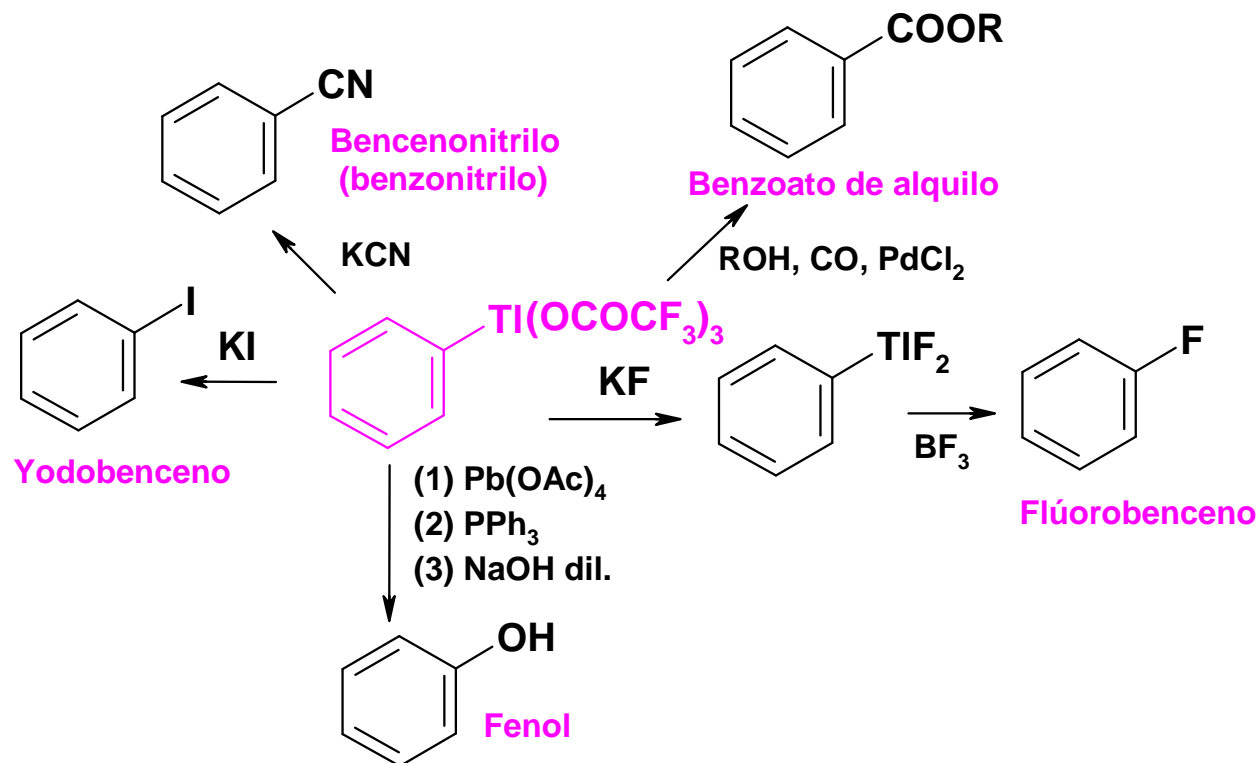
Talación del benceno

La introducción de un átomo de talio sobre el anillo aromático permite obtener compuestos ariltalio muy interesantes y versátiles desde el punto de vista sintético, pues se transforman fácilmente en una gran variedad de sustancias por la acción de reactivos corrientes.

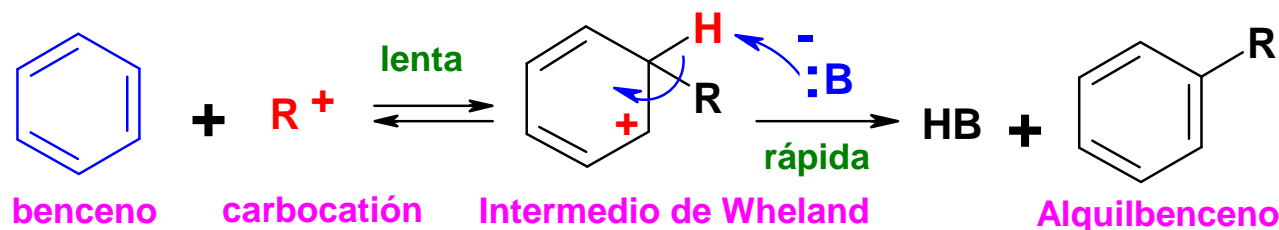
La preparación de los ariltalio se hace tratando el benceno con trifluoroacetato de talio (III) en presencia de ácido trifluoroacético:



Los ariltalio pueden convertirse fácilmente en arilnitrilos, benzoatos de alquilo, fluorobenceno, fenoles y yodobenceno:

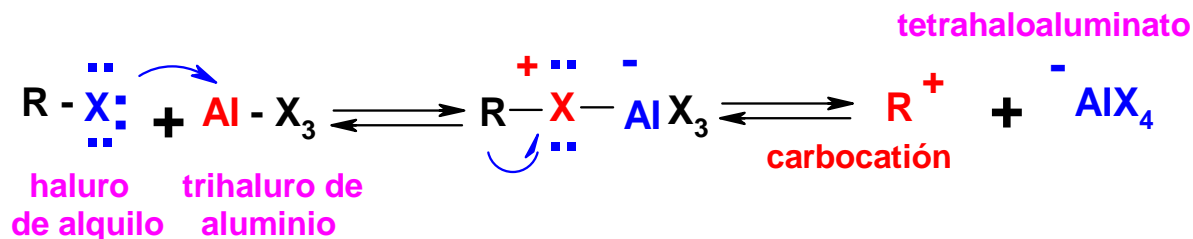


Alquilaciones y Acilaciones de Friedel-Crafts

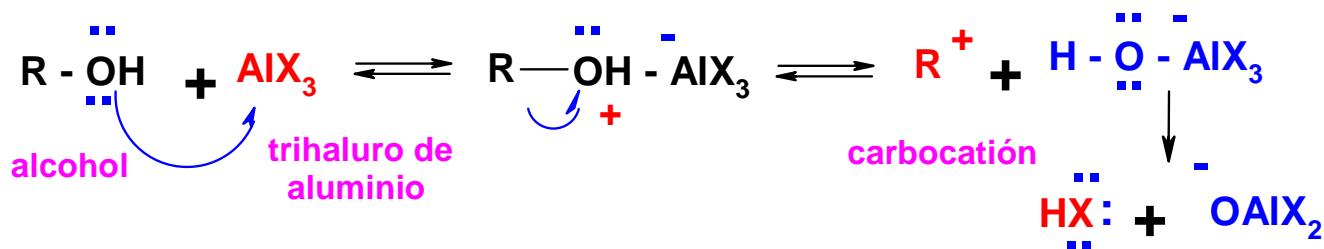


En las alquilaciones de Friedel-Crafts el electrófilo es un carbocatión (o una especie con mucho carácter de carbocatión) y por ello es útil examinar los diferentes maneras de producir carbocationes pues serán a su vez diferentes procedimientos experimentales para efectuar la alquilación del anillo aromático:

1.- A partir de un haluro de alquilo (secundario, terciario, alílico, bencílico o aromático).

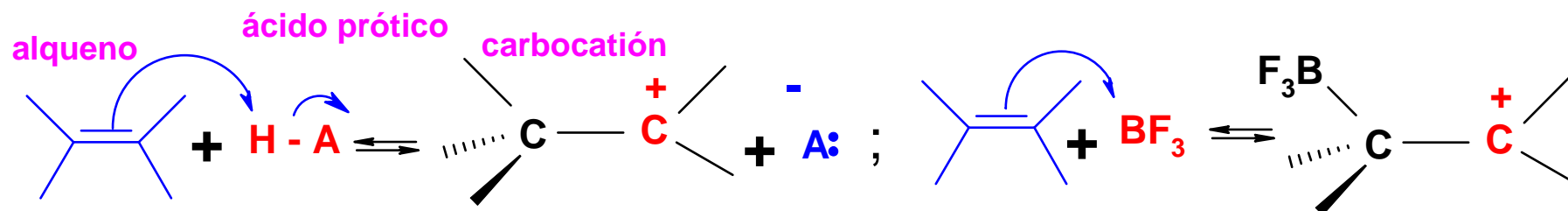


2.- A partir de un alcohol secundario, terciario, alílico, bencílico o aromático, tratado con un ácido de Lewis o un ácido prótico. Los alcoholes primarios sufren transposiciones.

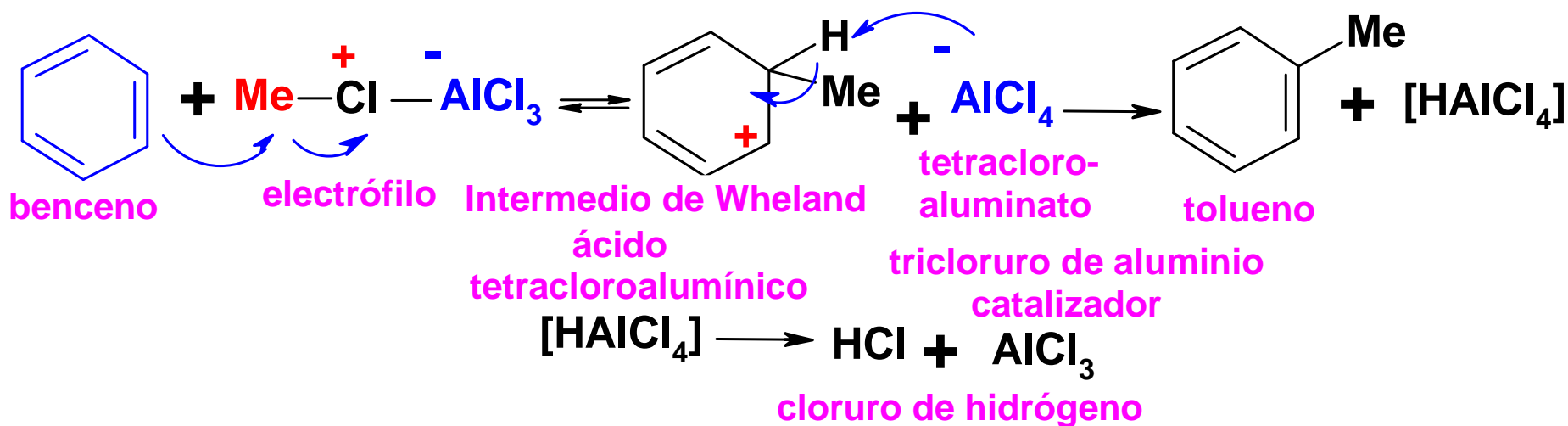




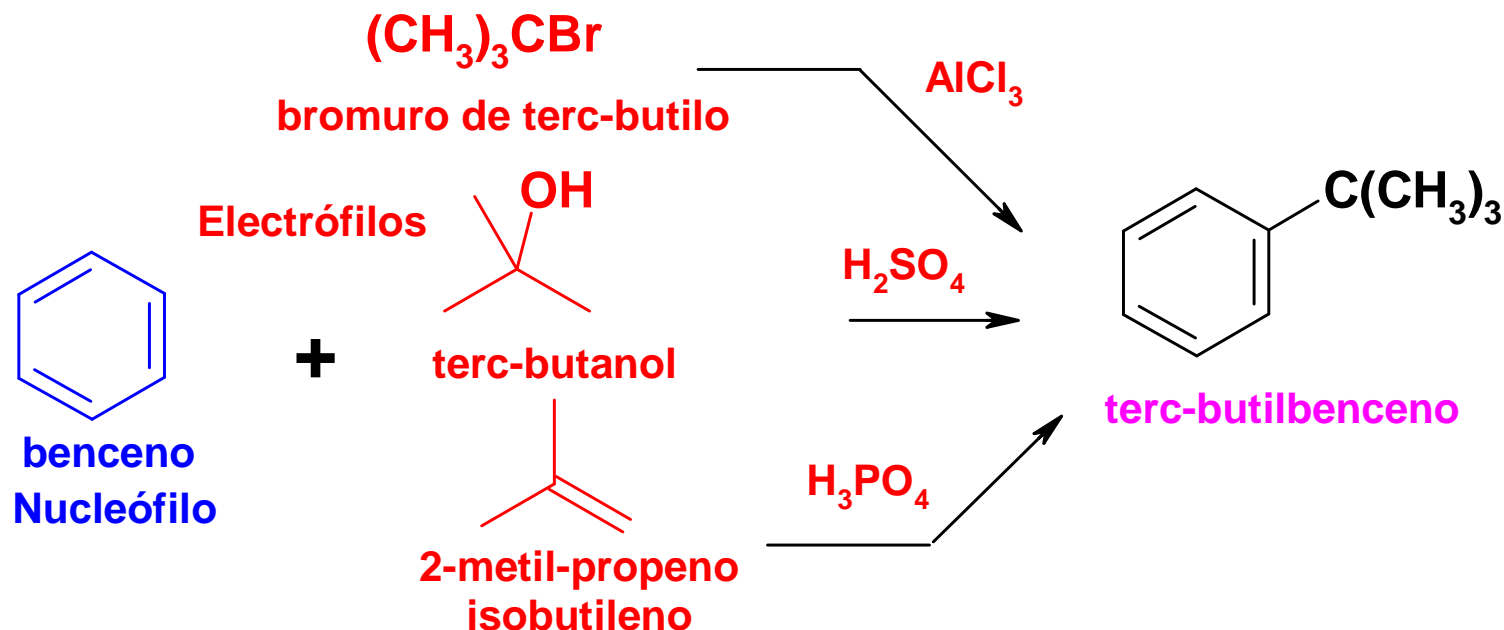
3.- A partir de un alqueno tratado con un ácido prótico o un ácido de Lewis.



Cuando el compuesto que se emplea para generar el carbocatión es un derivado metálico, el propio complejo inicial actúa como electrófilo:

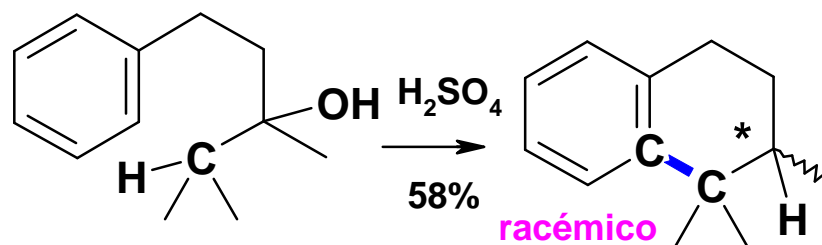


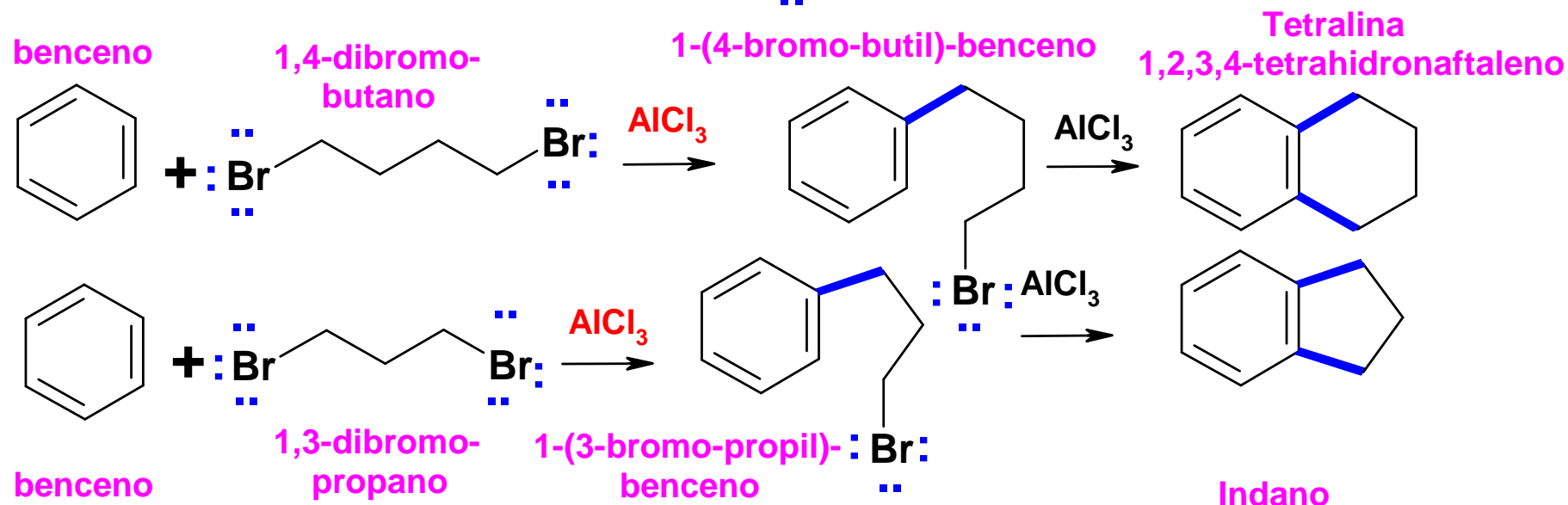
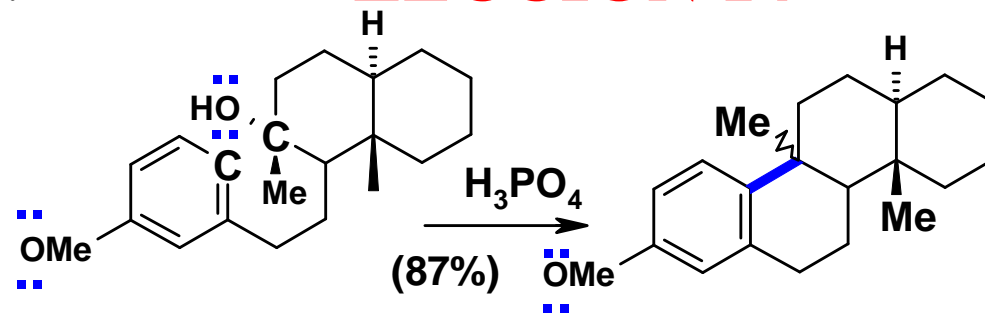
Alquilaciones del benceno



Los catalizadores más ampliamente utilizados para generar el electrófilo a partir de un adecuado sustrato (haluro de alquilo, alcohol, alqueno, etc.) son ácidos de Lewis (AlX_3 , FeX_3 , ZnCl_2 , BF_3 , SnCl_4 , etc.), o ácidos próticos (HF , HBF_4 , H_2SO_4 , H_3PO_4 , etc.).

Alquilaciones de Friedel-Crafts intramoleculares





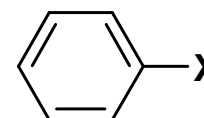
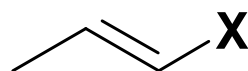
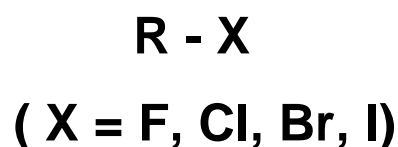
Limitaciones de las reacciones de las alquilaciones de Friedel-Crafts

A pesar de la gran utilidad sintética de las alquilaciones de Friedel-Crafts que permiten la construcción de derivados bencénicos más complejos a través de la creación de enlaces C-C con introducción de grupos alquilo, no están exentas de ciertas limitaciones que conviene conocer, pues algunas de ellas se puede evitar, trabajando en las adecuadas condiciones experimentales .

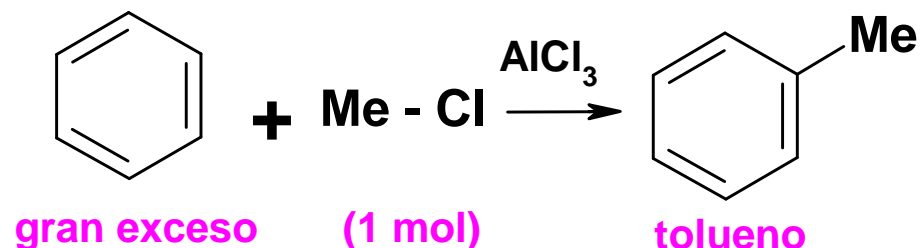
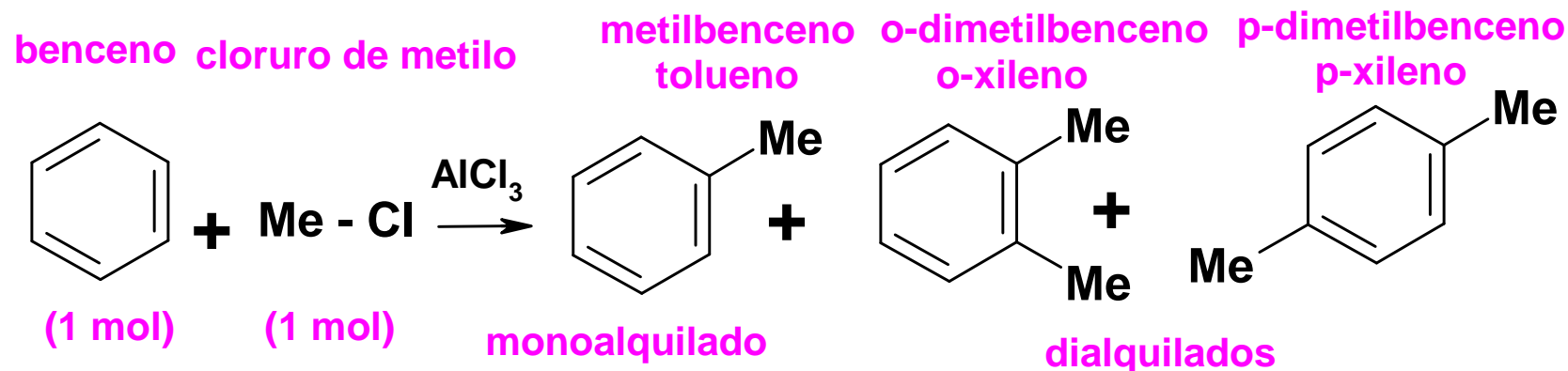
Limitaciones de la alquilación de Friedel-Crafts

1.- Deben usarse haluros de alquilo y no pueden emplearse haluros de vinilo y de arilo como electrófilos.

Haluros de alquilo Haluros de vinilo Haluros de arilo
 Buenos Reactivos ; Malos Reactivos ; Malos Reactivos

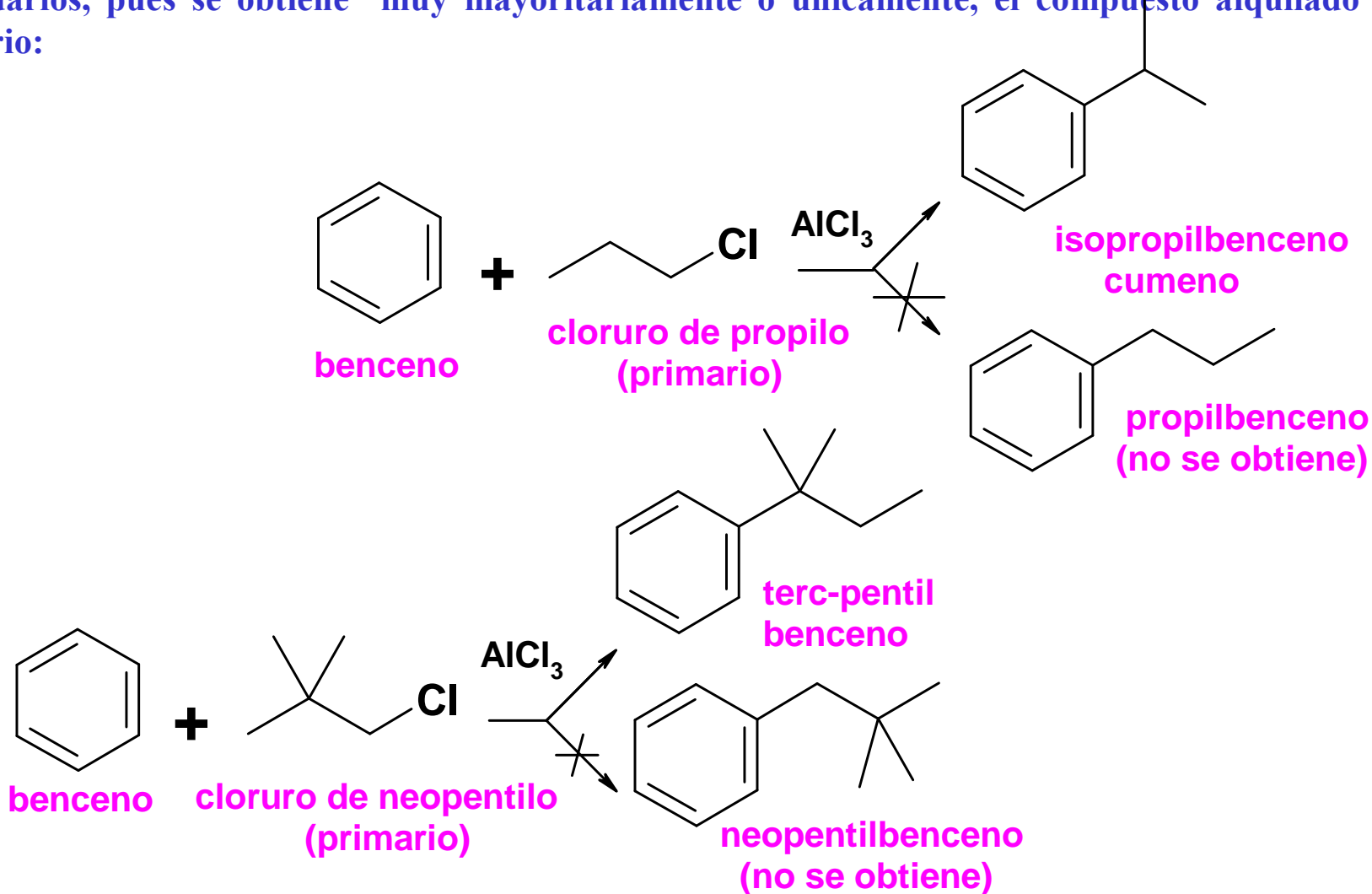


2.- Ocurren con frecuencia polialquilaciones que se pueden evitarse usando un gran exceso de compuesto aromático.



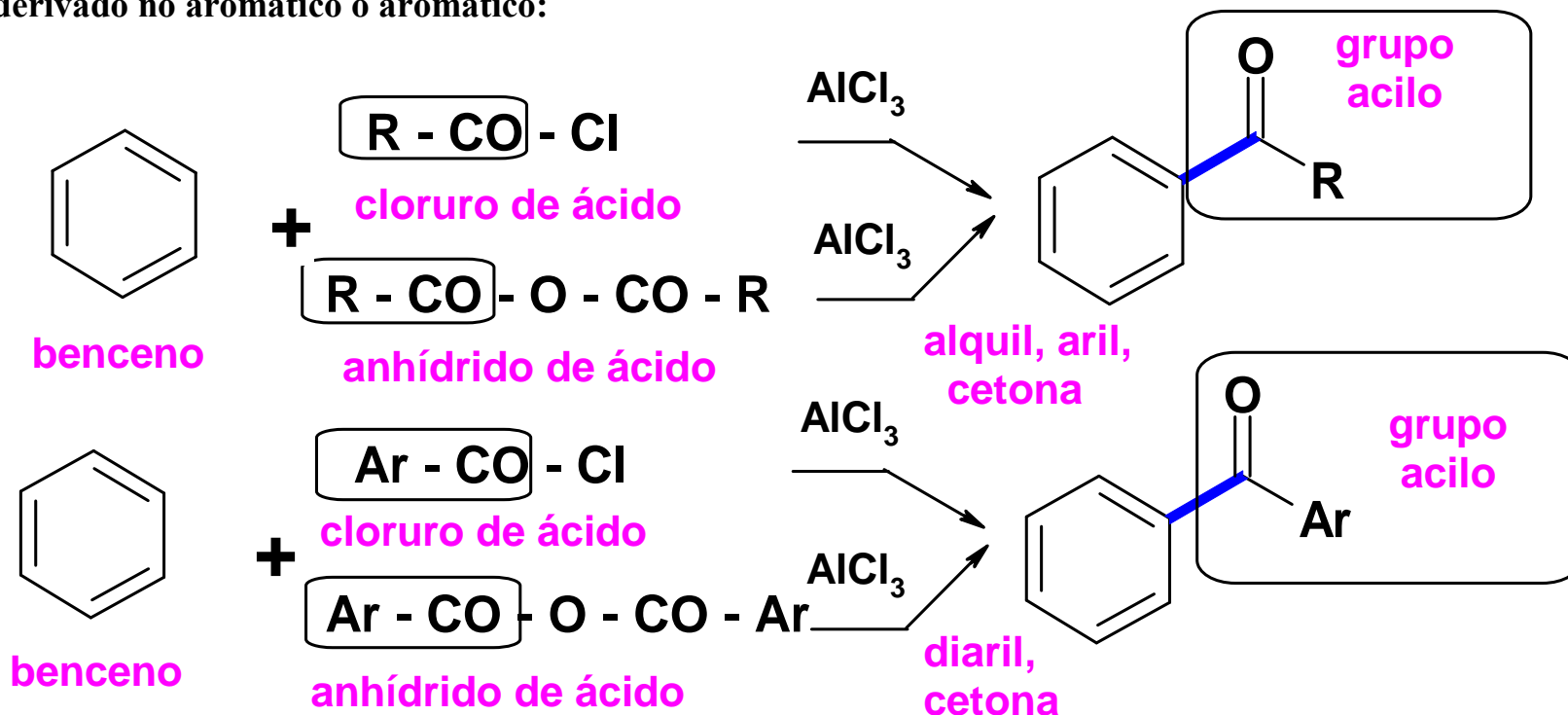
3.-La reacción marcha con bajos rendimientos para bencenos con sustituyentes atrayentes moderados y no marcha cuando el sustituyente es fuertemente atrayente.

4.- Ocurren frecuentemente transposiciones cuando se utilizan agentes alquilantes primarios y secundarios, pues se obtiene muy mayoritariamente o únicamente, el compuesto alquilado terciario:



Acilaciones de Friedel-Crafts

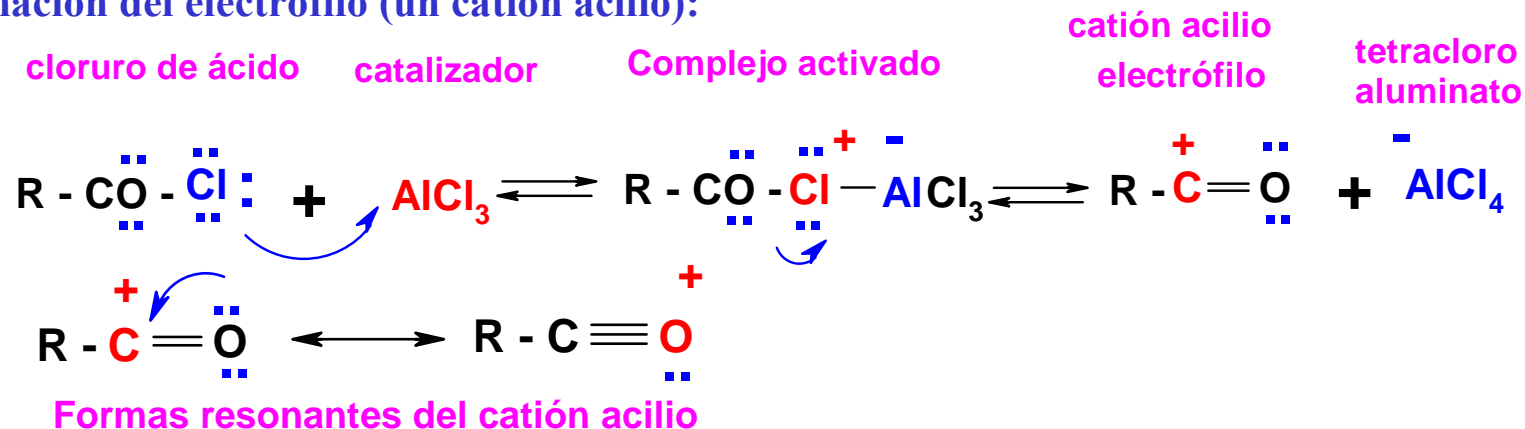
En este tipo de reacciones se introduce un grupo acilo (RCO) sobre un anillo aromático creándose un enlace C-C, con lo que se obtienen aril, alquil, cetonas o diarilcetonas según se emplee como agente acilante un derivado no aromático o aromático:



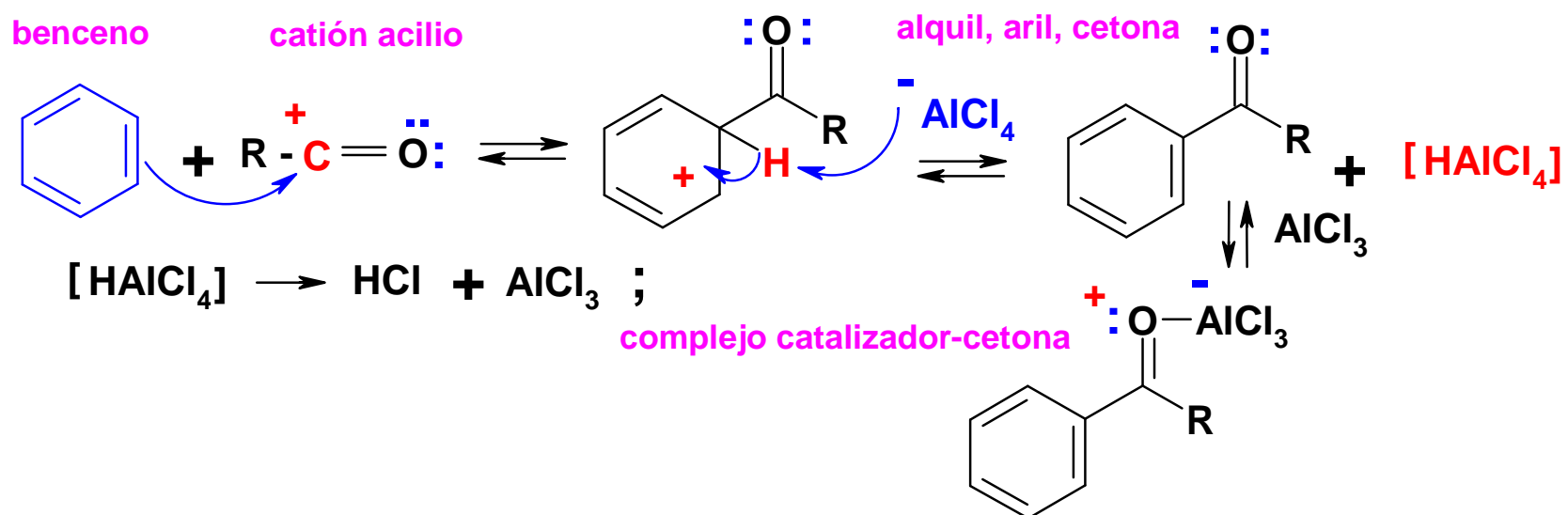
Como catalizador de la reacción pueden usarse los mismos ácidos de Lewis que se describieron para las reacciones de alquilación (AlX_3 , SbF_5 , BF_3 , etc.) y es de resaltar que como agentes acilantes pueden usarse tanto los haluros como los anhídridos de ácido, aunque se emplean más habitualmente los haluros que los anhídridos de ácido. No obstante, conviene tener en cuenta que el catalizador se une a la cetona resultante, por lo que debe añadirse un cierto exceso para que la reacción progrese.

Mecanismo de la acilación de Friedel-Crafts

Formación del electrófilo (un catión acilio):



Ataque del electrófilo sobre el anillo aromático



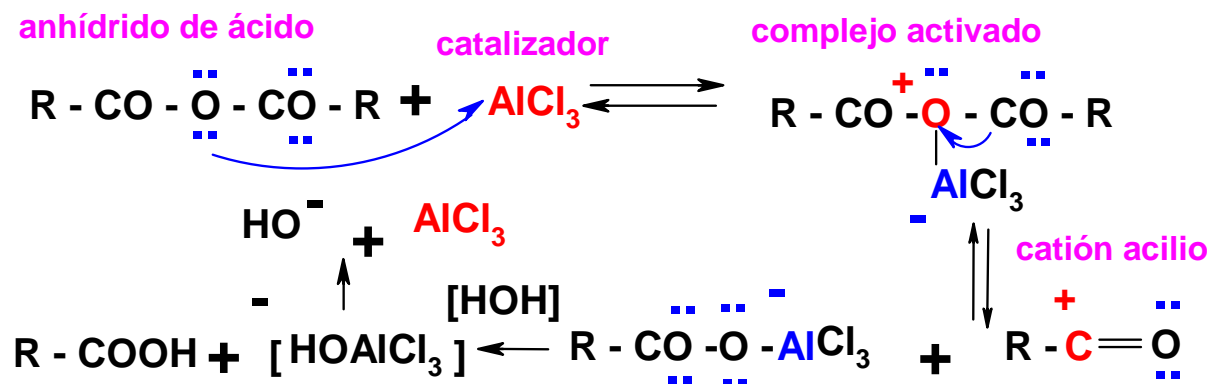
LECCIÓN 14

Química Orgánica 2°.

Antonio Galindo Brito 39

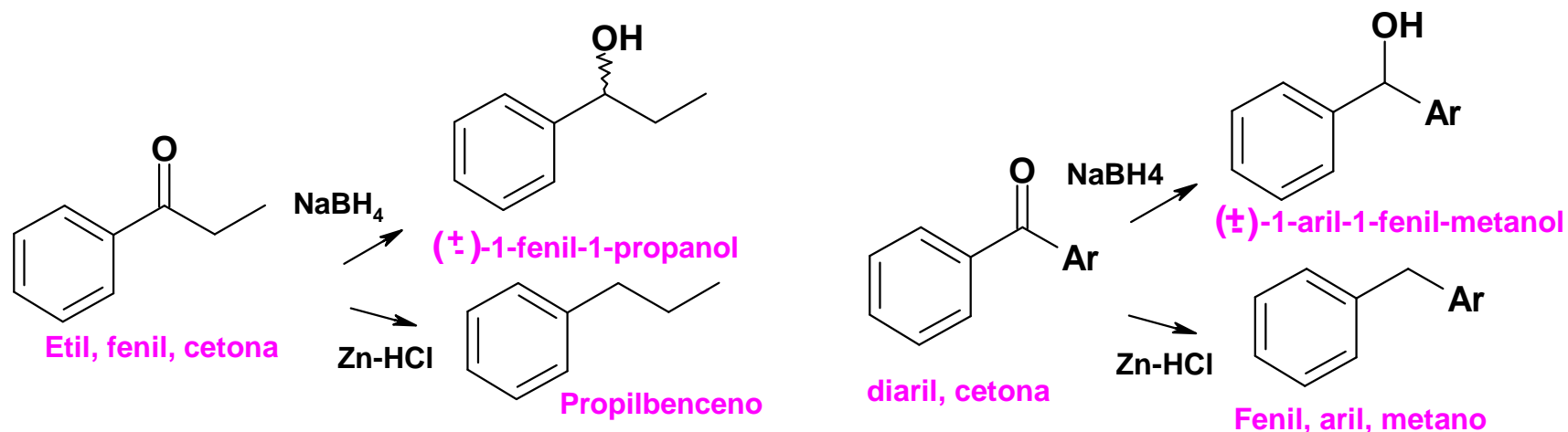
La acilación presenta algunas ventajas sobre la alquilación pues: (a) no existe la posibilidad de que se formen productos de poliacilación, pues la arilcetona formada es menos reactiva que el benceno de partida (b) no se producen transposiciones y por ello es posible introducir sobre el anillo aromático cualquier grupo acilo con la misma estructura del agente acilante.

Uso de los anhídridos como agentes acilantes

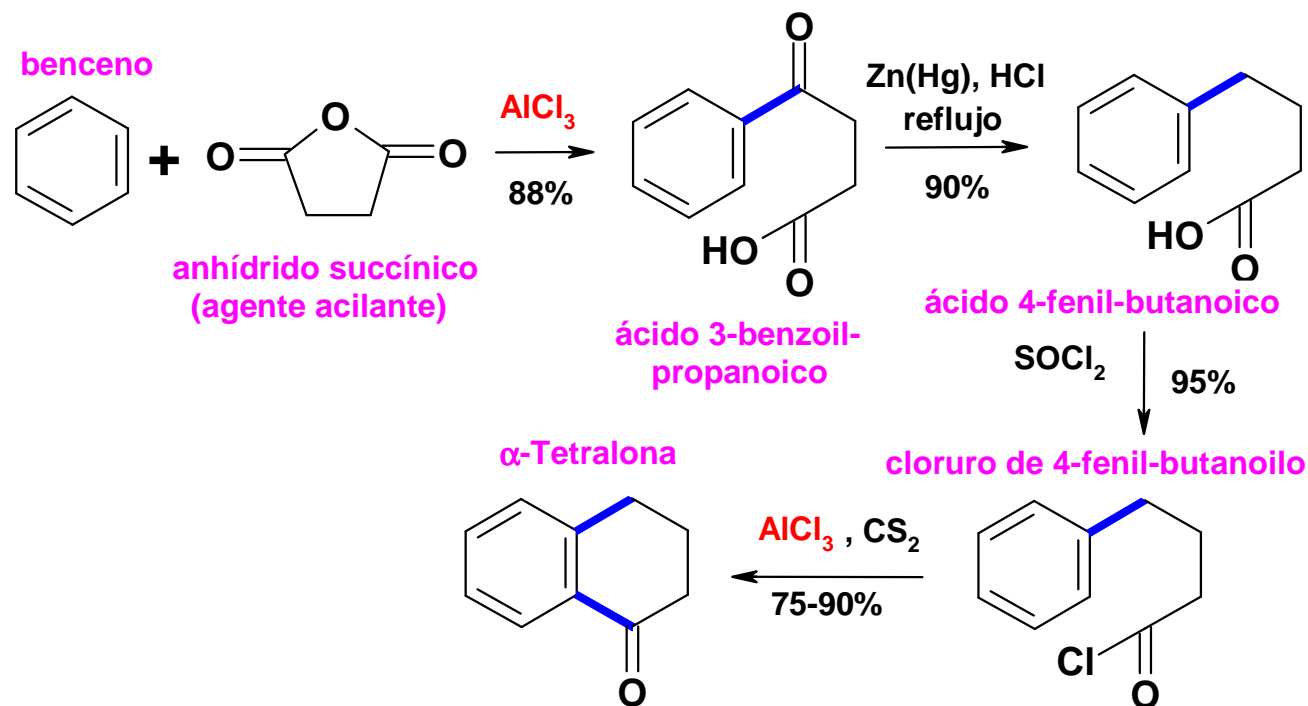


Ventajas sintéticas de la acilación

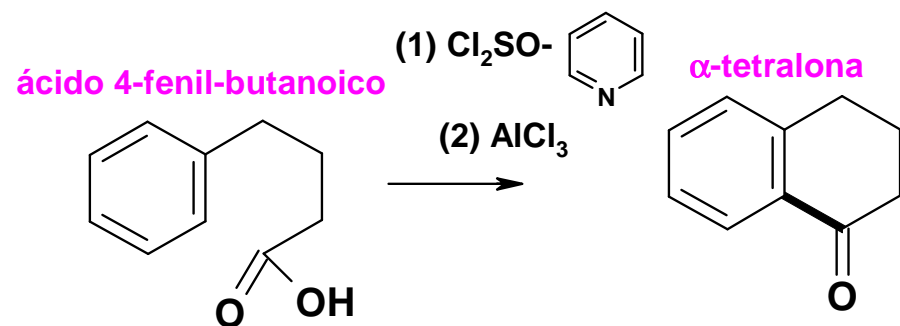
1.- Las alquilarilcetonas obtenidas pueden convertirse fácilmente en alcoholes o en alcanos por reducción:



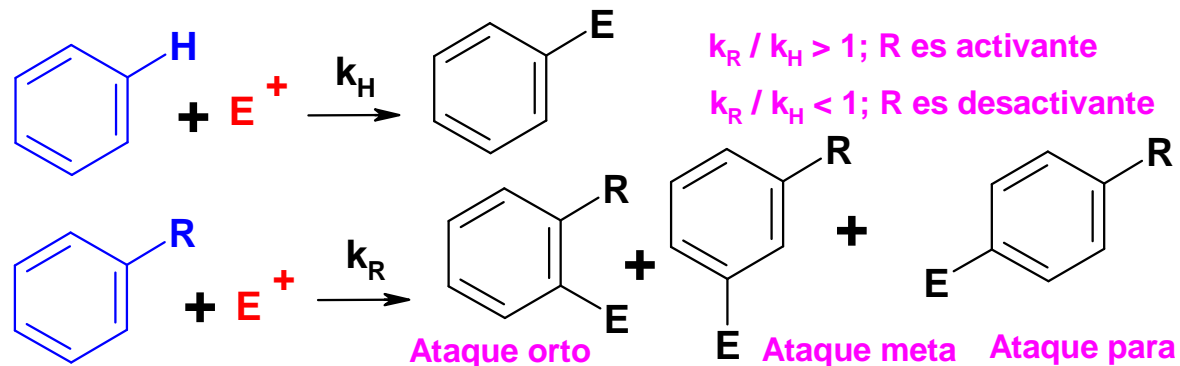
Usando un anhídrido cíclico es posible fusionar un nuevo anillo sobre el benceno:



Usando acilaciones intramoleculares de Friedel-Crafts se puede conseguir el mismo resultado:

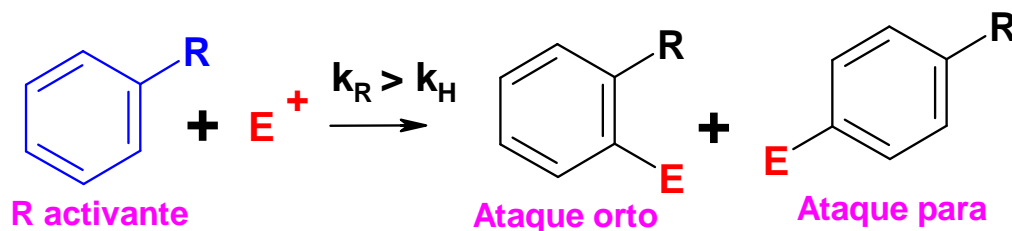


Reactividad de los derivados del benceno: efectos de los sustituyentes sobre la S_EAr

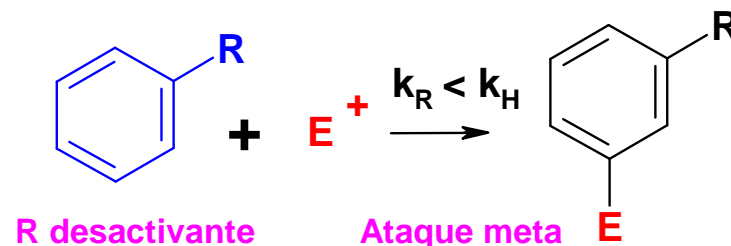


Orientación de la reacción en función del tipo de sustituyente

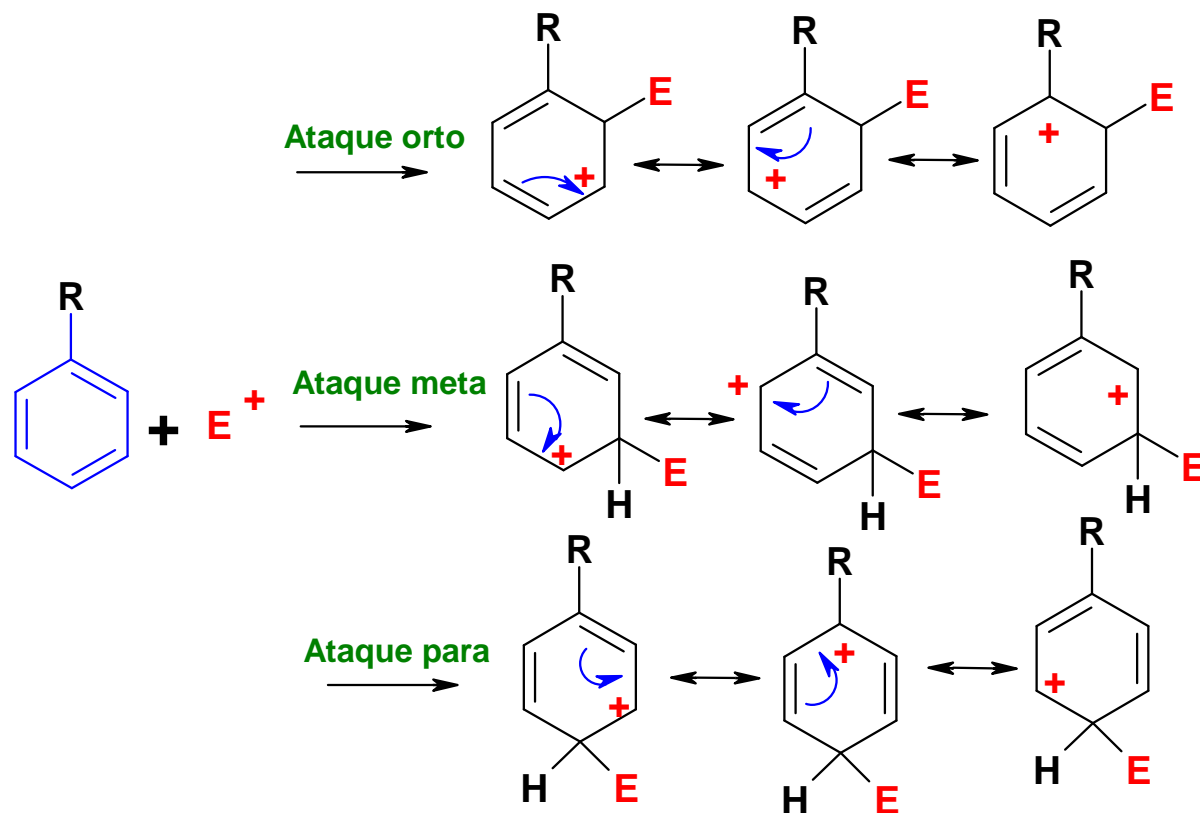
1.- Si R es un grupo activante ($k_R > k_H$) el nuevo sustituyente entra en orto y para respecto del primitivo:



2.- Si R es desactivante ($k_R < k_H$) el nuevo sustituyente entra en meta respecto del primitivo:



Orientación y Reactividad



En los ataques orto y para, la carga positiva se sitúa sobre el C que porta el sustituyente, mientras que en el ataque orto la carga nunca se halla sobre ese carbono. Hay tres caminos de reacción posibles para el ataque del electrófilo sobre el anillo y de los tres estará favorecido aquel que presente una energía libre de activación más baja, o dicho de otro modo, el que se lleve a cabo más rápidamente. Como esto sólo depende de la energía del estado de transición, estará favorecido el proceso que presente menor energía de activación y de acuerdo con el postulado de Hammond éste será el que tenga el intermedio más estable.

Puesto que la reacción transcurre a través de un carbocatión intermedio, la reacción más rápida será la que conduzca al carbocatión más estable y esto depende de la naturaleza del sustituyente R.

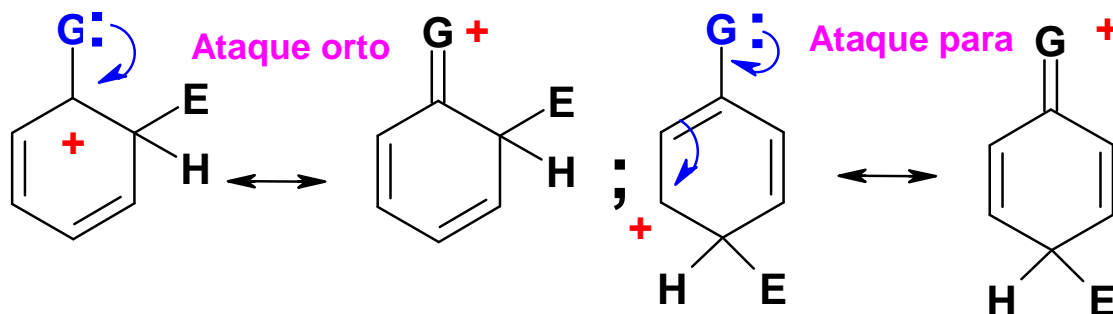
Si R = activante estarán favorecidos los ataques orto y para (carbocatión muy estable; 3^a y alílico; aromático)

Si R = desactivante estará favorecido el ataque meta (cuanto más lejos esté R del catión más estable será)

Los grupos activantes (desactivantes) serán aquellos que hagan más (menos) nucleófilo al anillo aromático y ello equivale a decir que los grupos que activan son los que donan electrones al anillo y los que desactivan los que retiran electrones al anillo. Hay dos modos de ejercer efectos electrónicos y son los llamados efectos inductivos (+I y -I) y los resonantes (+R y -R).

Cuando sobre el anillo se encuentra un grupo G que se halla unido al anillo bencénico a través de un enlace carbono-heteroátomo y el heteroátomo posee un par electrónico sin compartir ($G = O, N, X, \text{etc.}$), entonces este grupo G: puede actuar como donante de electrones por efecto +R, lo que hará más estables los carbocationes que se generan en los ataques orto y para.

En conclusión, los grupos que donen electrones tanto por efecto +I como por +R activan el anillo aromático y orientan los ataques en orto y para:



Por el contrario, aquellos grupos que retiren electrones tanto por efecto -I como por -R desactivan el anillo aromático y por tanto orientarán en meta.

Parece evidente que es imprescindible conocer con precisión que grupos son los que activan el anillo y cuales lo desactivan, porque así podremos predecir la posición a la que va a parar el electrófilo cuando la reacción se haga sobre un anillo aromático dotado de un sustituyente. En la Tabla I se relacionan los grupos que activan o desactivan el anillo aromático, clasificándolos en tres grupos, fuertes, moderados y débiles, según hagan aumentar o disminuir fuerte, moderada o sólo débilmente la velocidad en relación a la misma reacción del benceno .

TABLA I. Grupos activantes orientadores en orto y para

Nombre	Fórmula	Efectos	Magnitud	Orientación
Amino	H ₂ N -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Alquilamino	RHN -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Dialquilamino	R ₂ N -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Hidroxi	HO -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Alcoxi	RO -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Aciloxi	RCOO -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Acilamino	RCONH -	Activante (- I) y (+R)	Fuerte	Orto y para
Alquilo	R -	Activante (+ I)	Débil	Orto y para
Arilo	Ar -	Activante (+ I)	Débil	Orto y para

TABLA II. Grupos desactivantes orientadores en meta

Nombre	Fórmula	Efectos	Magnitud	Orientación
Alquilamonio	$R_3N^+ -$	Desactivante (-I)	Fuerte	meta
Trifluorometilo	$F_3C -$	Desactivante (-I)	Fuerte	meta
Triclorometilo	$Cl_3C -$	Desactivante (-I)	Fuerte	meta
Nitro	$O_2N -$	Desactivante (-I) y (-R)	Fuerte	meta
Ciano	$N\equiv C -$	Desactivante (-I) y (-R)	Moderado	meta
Carboxilo	$HOOC -$	Desactivante (-I) y (-R)	Moderado	meta
Formilo	$HOC -$	Desactivante (-I) y (-R)	Moderado	meta
Acilo	$ROC -$	Desactivante (-I) y (-R)	Débil	meta
Sulfónico	$HO_3S -$	Desactivante		

TABLA III. Grupos desactivantes orientadores en orto y para

Nombre	Fórmula	Efectos	Magnitud	Orientación
Flúor	F -	Desactivante (- I) y (+R)		orto y para
Cloro	Cl -	Desactivante (- I) y (+R)		orto y para
Bromo	Br -	Desactivante (- I) y (+R)		orto y para
Yodo	I -	Desactivante (- I) y (+R)		orto y para

Ejemplos de reacciones S_EAr

