

SESIÓN 6 — Cómo se lee y escribe un mecanismo (flechas curvas)

Química III · U1 RAP1 — Mecanismos y reacciones orgánicas (20 sesiones de 1h)

Generado por PDF Project

Objetivos de aprendizaje

- Interpretar la flecha curva como el movimiento de un par de electrones, y la flecha de media cola como un electrón.
- Escribir paso a paso el mecanismo de una sustitución nucleófila (SN2) y de una adición.
- Verificar que en cada paso se conserven cargas y número de enlaces.
- Valorar, en el CTSA, que describir mecanismos con precisión permite evitar subproductos tóxicos en procesos reales.

Activación de conocimientos previos

De la sesión 5

S6

Ya nombramos sustitución, adición y eliminación. Hoy dibujamos "cómo fluyen los electrones" con flechas. Es como leer el circuito eléctrico de la reacción.

Advertencia clave: la flecha curva siempre va DEL par de electrones HACIA el átomo que los recibe o el nuevo enlace. Nunca al revés. Un error de dirección = mecanismo incorrecto.

Desarrollo del tema

El significado de las flechas

- Flecha curva de punta entera ($\rightarrow$ con curva): representa el movimiento de un PAR de electrones desde un donador (par libre o enlace) hacia un aceptor o nuevo enlace.
- Flecha de media cola (pescado, $\rightarrow$): representa un ELECTRÓN suelto, usada en mecanismos radicalarios.

Nunca use flechas de productos químicos (reactivo $\rightarrow$ producto) para indicar electrones; eso es una ecuación, no un mecanismo.

Reglas para escribir un mecanismo

1. Dibuje las estructuras de Lewis con pares libres y cargas. 2. Cada flecha curva nace en un par libre o en un enlace y termina en un átomo (para formar enlace) o entre dos átomos (nuevo enlace). 3. Cuente electrones: el donador pierde un par, el receptor gana uno; la carga total se conserva. 4. Si un enlace se rompe, su flecha va del enlace hacia el átomo que se queda con el par (heterólisis).

KEY

Pasos de una SN2

Considere $\text{CH}_3\text{Br} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{Br}^-$.

- Paso 1: el par libre del OH^- (donador) forma enlace con el C de CH_3Br . Flecha curva desde $:\text{OH}^-$ hacia el C.
- Paso 2: simultáneamente, el enlace $\text{C}-\text{Br}$ se rompe; flecha curva desde el enlace $\text{C}-\text{Br}$ hacia el Br (que se queda con el par, formando Br^-).
- Resultado: CH_3OH y Br^- . Todo en un solo paso concertado; el C pasa por una transición tipo "paraguas invertido".

Ejemplo de adición (eteno + HBr)

- Paso 1: el doble enlace $\text{C}=\text{C}$ (rico en electrones) ataca al H del HBr. Flecha del doble enlace hacia el H; el enlace $\text{H}-\text{Br}$ se rompe y su par va al Br (Br^-).
- Paso 2: queda un carbocatión secundario ($\text{CH}_3-\text{CH}_2^+$) y Br^- ; el Br^- ataca el carbocatión formando $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$.

(Este es un mecanismo de adición electrófila en dos pasos; Markownikoff sale naturalmente porque el carbocatión más estable se forma).

Verificación

CHE
CK

Después de cada paso pregúntese: (1) ¿se conserva la carga total? (2) ¿cada átomo mantiene su octeto? (3) ¿la flecha nace donde hay electrones? Si alguna falla, el mecanismo está mal.

Practique en la pizarra

Dibuje solo dos mecanismos ($\text{S}_\text{N}2$ y adición de HBr) y hágalos repetir trazando las flechas en el aire. No sobrecargue con $\text{S}_\text{N}1/\text{E}1$ hoy; lo esencial es que internen la dirección de la flecha curva.

Enfoque CTSA

Seguridad en procesos

CTS
A

Leer el mecanismo permite prever subproductos. Si en una sustitución se forma un carbocatión, puede dar rearrangements y contaminantes; conocerlo ayuda a elegir condiciones que eviten desechos peligrosos. En plantas petroquímicas mexicanas, el diseño de rutas limpias parte de mecanismos bien trazados.

Pregunte: ¿por qué importa la dirección de la flecha si al final "la reacción ocurre"? (Porque predecir el producto correcto evita síntesis de compuestos tóxicos no deseados).

Ejercicio resuelto

Traza el mecanismo

Tip aplicado: empieza en el par

Enunciado: Describa con palabras y sentido de flechas el mecanismo de $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{:NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2$ (luego pierde H^+ a NH_3 formando CH_3NH_2). Indique de dónde sale y a dónde va cada flecha curva y verifique carga. Resolución:

- Paso 1: el par libre del N en NH_3 ataca el carbono δ^+ de CH_3Cl . Flecha curva desde el par de N hacia el C.
- Paso 2: el enlace C–Cl se rompe por heterólisis; flecha curva desde el enlace C–Cl hacia el Cl, que queda con el par como Cl^- .
- Intermedio: $\text{CH}_3\text{--NH}_3^+ + \text{Cl}^-$. Carga total reactivos: $0 + 0 = 0$; productos: $+1 + (-1) = 0$. Se conserva.
- Paso 3: otra molécula de NH_3 quita un H^+ al grupo --NH_3^+ (flecha del par de N libre hacia el H, y del enlace N–H hacia N), dando CH_3NH_2 (metilamina) + NH_4^+ .

Respuesta modelo: dos flechas curvas en el paso clave (par de N $\rightarrow$ C, y enlace C–Cl $\rightarrow$ Cl), cargas balanceadas en cada etapa.

Cierre y resumen

- La flecha curva = par de electrones en movimiento; la de media cola = un electrón (radicales).
- Toda flecha nace en un par libre o enlace y termina en un átomo o nuevo enlace.
- En $\text{S}_\text{N}2$, ataque y salida son simultáneos; en adición, el doble enlace ataca primero al electrófilo.
- Verifique siempre conservación de carga y octeto en cada paso.
- Trazar mecanismos con precisión es la base del RAP 1 y de una química industrial responsable (CTSA).