# Reacciones orgánicas y polímeros

Test de 10 preguntas y flashcards de este tema en **farmeandopau.com** ›

Última revisión: 15 de noviembre de 2026.

Escanea y haz el test del tema

**LA IDEA EN 30 SEGUNDOS**

El tema consiste en saber **qué le pasa a un grupo funcional** cuando reacciona y **cómo se llama esa reacción**: sustitución, adición, eliminación, condensación, redox y combustión. Las reacciones orgánicas salen en **50 de las 68 convocatorias** de 2025 y 2026, en 15 comunidades (en ese periodo no han caído en Aragón ni en Baleares); con los polímeros, el tema llega a 53 de 68. Puntúa escribir cada producto con su **fórmula y su nombre**, decir el **tipo** y, si hay dos productos posibles, el **mayoritario** con su regla (**Markovnikov** en adiciones, **Saytzeff** en eliminaciones). Los polímeros caen menos (8 de 68, en 5 comunidades).

## 1 Los seis tipos de reacción y cómo reconocerlos

No necesitas los mecanismos: Andalucía (orientaciones 2026-27) y Murcia (PAU 2027) los excluyen por escrito, y también Madrid (ámbito de contenidos 2026-27) y Asturias (acta de coordinación de 2024-25, pendiente de confirmar para 2027); en 2025-2026 no se han preguntado en ninguna comunidad. Lo que te piden es **completar** la reacción y **clasificarla**. Para clasificarla compara el reactivo orgánico con el producto: qué grupo funcional desaparece, cuál aparece y si cambia el número de enlaces múltiples.

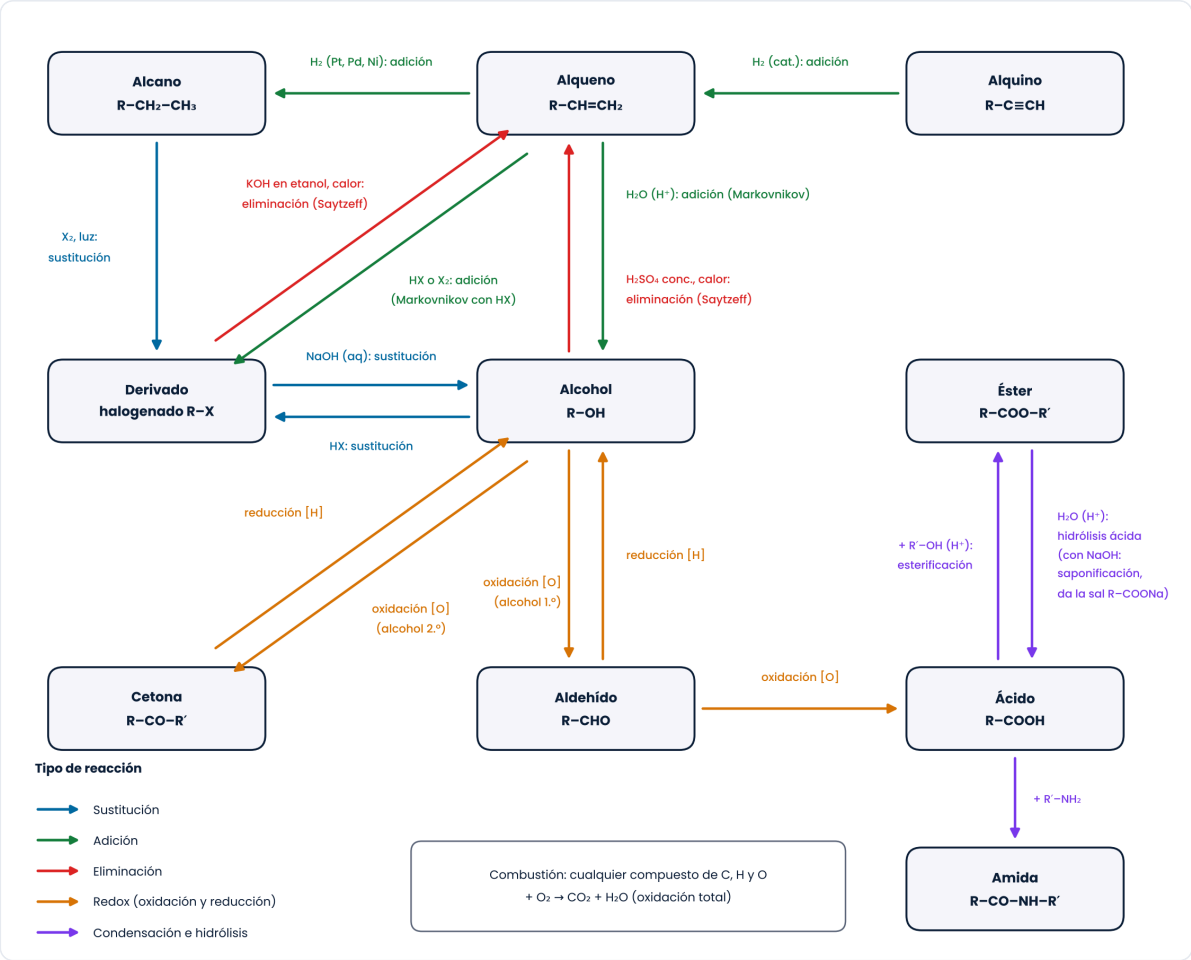
- **Clasifica mirando los enlaces múltiples**: si aparece un C=C nuevo, es una eliminación; si desaparece sin que se pierda ningún átomo, una adición; si no cambian y se intercambian grupos, una sustitución.
- **Hidrogenar un C=C es una adición**; hidrogenar un C=O (aldehído o cetona → alcohol) se llama **reducción**, aunque también se sume $H_2$. Madrid acepta las dos palabras: «Reacción de reducción o hidrogenación» (soluciones de 2025, reserva 1).
- **La esterificación es una condensación**: Andalucía la lista así («Reacciones de condensación: reacciones de esterificación»). Escribe las dos palabras: «condensación (esterificación)».
- **Las oxidaciones y reducciones** son reacciones redox; en Murcia, para el tipo, «es suficiente con decir "redox"» (Consejos de la Universidad de Murcia).
- **Di el tipo siempre**, aunque el enunciado no lo pida con esas palabras: es lo que más se olvida y en casi todas las comunidades tiene su parte de la nota.

| Tipo | Qué le pasa a la molécula | Ejemplo |
|---|---|---|
| **Sustitución** | Sale un átomo o grupo y otro ocupa su sitio. No cambian los enlaces múltiples: dos reactivos dan dos productos. | $CH_3-CH_2-Br + OH^- \longrightarrow CH_3-CH_2-OH + Br^-$ |
| **Adición** | Se rompe el enlace π de un doble o triple enlace y cada carbono recibe un fragmento: dos reactivos dan un producto. | $CH_2=CH_2 + Br_2 \longrightarrow CH_2Br-CH_2Br$ |
| **Eliminación** | Lo contrario de la adición: dos carbonos vecinos pierden H y OH (o H y X) y se forma un doble enlace. | $CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_2=CH_2 + H_2O$ |
| **Condensación** | Dos moléculas se unen y sueltan una pequeña, casi siempre agua. | $CH_3-COOH + CH_3-CH_2-OH \rightleftharpoons CH_3-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$ |
| **Redox** | Oxidación: el carbono gana O o pierde H. Reducción: gana H o pierde O. | $CH_3-CH_2-OH + [O] \longrightarrow CH_3-CHO + H_2O$ |
| **Combustión** | Oxidación total con $O_2$: todo el C pasa a $CO_2$ y todo el H a $H_2O$. | $CH_4 + 2\,O_2 \longrightarrow CO_2 + 2\,H_2O$ |

[O] y [H] representan el oxidante y el reductor sin escribirlos enteros; la ecuación se ajusta con ellos. Si te piden la ecuación completa con dicromato o permanganato, es un ajuste por el método del ion-electrón (Tema 15).

### Cómo se contesta un apartado de reacciones

1) Formula los reactivos si te dan nombres. 2) Escribe el producto en fórmula semidesarrollada y **nómbralo**. 3) Ajusta la ecuación, con el $H_2O$, el HX o la sal que salen. 4) Di el **tipo**. 5) Si hay dos productos posibles, di cuál es el **mayoritario** y por qué **regla**. Castilla y León reparte así sus criterios: «Formular, nombrar y explicar (0.2 cada uno)».




**Mapa de reacciones entre funciones.** Cada flecha es una reacción con su reactivo y su tipo (color). Las de ida y vuelta (alqueno ⇄ alcohol, alcohol ⇄ derivado halogenado, alcohol ⇄ aldehído o cetona, ácido ⇄ éster) cambian de tipo según el sentido.

## 2 Sustitución: halogenación, nitración y derivados halogenados

En una sustitución, un átomo o grupo de la molécula orgánica se cambia por otro y el esqueleto no gana ni pierde enlaces múltiples. En la PAU salen cinco casos.

- **Halogenación de alcanos**, con luz ultravioleta o calor: un H se cambia por un halógeno. $\mathrm{CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{luz} CH_3Cl + HCl}$. Con exceso de cloro sigue sustituyendo ($\mathrm{CH_2Cl_2}$, $\mathrm{CHCl_3}$, $\mathrm{CCl_4}$) y en alcanos mayores sale una mezcla de isómeros.
- **Sustitución en el benceno** (aromática): el anillo conserva su sistema de dobles enlaces deslocalizados y se cambia un H. **Halogenación**, con catalizador: $\mathrm{C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} C_6H_5Br + HBr}$ (bromobenceno). **Nitración**, con mezcla de $\mathrm{HNO_3}$ y $\mathrm{H_2SO_4}$ concentrados: $\mathrm{C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O}$ (nitrobenceno). El benceno **no da adiciones** en estas condiciones.
- **Derivado halogenado + base en agua** (NaOH o KOH acuosos): el halógeno se cambia por OH y sale un alcohol. $\mathrm{CH_3–CH_2–CH_2–Br + NaOH \longrightarrow CH_3–CH_2–CH_2–OH + NaBr}$ (propan-1-ol).
- **Derivado halogenado + cianuro**: sale un **nitrilo** con un carbono más. $\mathrm{CH_3–CH_2–CH_2–Cl + NaCN \longrightarrow CH_3–CH_2–CH_2–CN + NaCl}$: del 1-cloropropano sale el butanonitrilo (La Rioja, modelo 2026; su solución oficial llama por error «1-cloroetano» al reactivo).
- **Alcohol + haluro de hidrógeno**: el OH se cambia por el halógeno. $\mathrm{CH_3–CH_2–CH_2–OH + HBr \longrightarrow CH_3–CH_2–CH_2–Br + H_2O}$ (1-bromopropano), como resuelve Madrid en su modelo de 2026.
- No hace falta distinguir sustitución **nucleófila** (derivados halogenados, alcoholes) de **electrófila** (benceno): Murcia lo dice expresamente («Con saber que se trata de reacciones de sustitución es suficiente»). Navarra sí pidió en 2025 un ejemplo de «sustitución electrófila aromática».

**SUSTITUCIÓN O ELIMINACIÓN: MIRA LAS CONDICIONES**

Completa y clasifica: $CH_3-CHBr-CH_3 + NaOH$ en disolución acuosa y sin calentar.

**Respuesta modelo**

El $OH^-$ ocupa el lugar del Br: $CH_3-CHBr-CH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3-CH(OH)-CH_3 + NaBr$. Se forman **propan-2-ol** y bromuro de sodio. Es una **sustitución**: el número de enlaces múltiples no cambia y el Br sale como $Br^-$.

**Por qué puntúa.** Si el enunciado dijera «KOH en etanol y calor», la misma molécula perdería HBr y daría propeno (eliminación, sección siguiente).

## 3 Adición a dobles y triples enlaces: la regla de Markovnikov

Los alquenos y alquinos tienen enlaces π, más débiles que los σ: se rompen y cada carbono del enlace múltiple recibe un fragmento del reactivo. El producto lleva **todos los átomos** de los dos reactivos.

- **Regla de Markovnikov**: al sumar HX o agua a un alqueno asimétrico, el **H va al carbono del doble enlace que ya tiene más H** y el **X o el OH, al que tiene menos**. La IUPAC lo enuncia así: el halógeno se une «al carbono que tiene el menor número de átomos de hidrógeno» (Gold Book, traducido del inglés).
- El motivo es que el $H^+$ se une primero y deja la carga positiva en el carbono más sustituido, que es el carbocatión más estable. Te basta con la regla: los mecanismos no se piden.
- Si los dos carbonos del doble enlace tienen los mismos H, **solo hay un producto**: $CH_3-CH=CH-CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$ (2-bromobutano). El but-1-eno también da 2-bromobutano como mayoritario.
- **Alquinos**: suman dos veces. Con un equivalente, el triple enlace pasa a doble: $HC\equiv CH + HCl \longrightarrow CH_2=CHCl$ (cloroeteno, el monómero del PVC); con exceso, a simple: $HC\equiv CH + 2\,H_2 \longrightarrow CH_3-CH_3$. Murcia: «No se preguntará la adición de agua a alquinos, ya que forman enoles que tautomerizan a cetonas».
- **Adición al C=O**: el HCN se suma al carbonilo de aldehídos y cetonas: $CH_3-CO-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-C(OH)(CN)-CH_3$ (2-hidroxi-2-metilpropanonitrilo; La Rioja, modelo 2026). El $H_2$ sobre un C=O se trata como reducción.
- **Una excepción que conviene conocer**: el HBr en presencia de peróxidos se suma al revés (adición anti-Markovnikov) y da 1-bromopropano a partir de propeno. Ninguna comunidad la pide, pero explica el apartado c) de Castilla-La Mancha 2025 (en «Ponte a prueba»).

| Reactivo | Nombre | Ejemplo con propeno |
|---|---|---|
| $H_2$ (Pt, Pd o Ni) | Hidrogenación | $CH_2=CH-CH_3 + H_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_3$ (propano) |
| $Br_2$ o $Cl_2$ | Halogenación | $CH_2=CH-CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_2Br-CHBr-CH_3$ (1,2-dibromopropano) |
| HCl, HBr, HI | Hidrohalogenación | $CH_2=CH-CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3-CHBr-CH_3$ (2-bromopropano, mayoritario) |
| $H_2O$ con $H^+$ | Hidratación | $CH_2=CH-CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3-CH(OH)-CH_3$ (propan-2-ol, mayoritario) |

Con $H_2$ y con $X_2$ los dos fragmentos son iguales y solo hay un producto. Con HX y con agua, si el alqueno no es simétrico hay dos productos posibles: manda la regla de Markovnikov.

**MARKOVNIKOV CON UN ALQUENO RAMIFICADO**

**PAU Madrid 2025 (extraordinaria), 3A c)** (0,75 puntos): «Complete las siguientes reacciones. Formule y nombre todos los compuestos orgánicos. Indique el tipo de reacción y, si procede, el producto mayoritario y la regla que sigue. […] c) Metilpropeno + HBr →»

**Respuesta modelo**

$(CH_3)_2C=CH_2 + HBr \longrightarrow (CH_3)_2CBr-CH_3$: **2-bromo-2-metilpropano**, mayoritario por la **regla de Markovnikov**: el H se une al $=CH_2$ (que tiene 2 H) y el Br al carbono que no tiene ninguno. El minoritario es $(CH_3)_2CH-CH_2Br$, 1-bromo-2-metilpropano. Es una **adición** (de un haluro de hidrógeno).

**Por qué puntúa.** La solución oficial de Madrid da los dos productos y marca el mayoritario «según la regla de Markovnikov». Nombra la regla: es parte de lo que se pide.

**COMPLETAR Y AJUSTAR UNA ADICIÓN DE HI**

**PAU Cantabria 2026 (ordinaria), Pregunta 8 b2)** (0,5 puntos): «Complete y ajuste las siguientes reacciones orgánicas e indique el tipo de reacción: [...] b2) CH3-CH2-CH=CH2 + HI →»

**Respuesta modelo**

$CH_3-CH_2-CH=CH_2 + HI \longrightarrow CH_3-CH_2-CHI-CH_3$: **2-yodobutano** (mayoritario). Es una **adición**; el H va al $=CH_2$ terminal y el I al carbono 2, que tiene menos H (**Markovnikov**). La ecuación ya está ajustada: 1 a 1.

**Por qué puntúa.** Los criterios de Cantabria solo dan el reparto de puntos (0,5 el apartado), sin la solución.

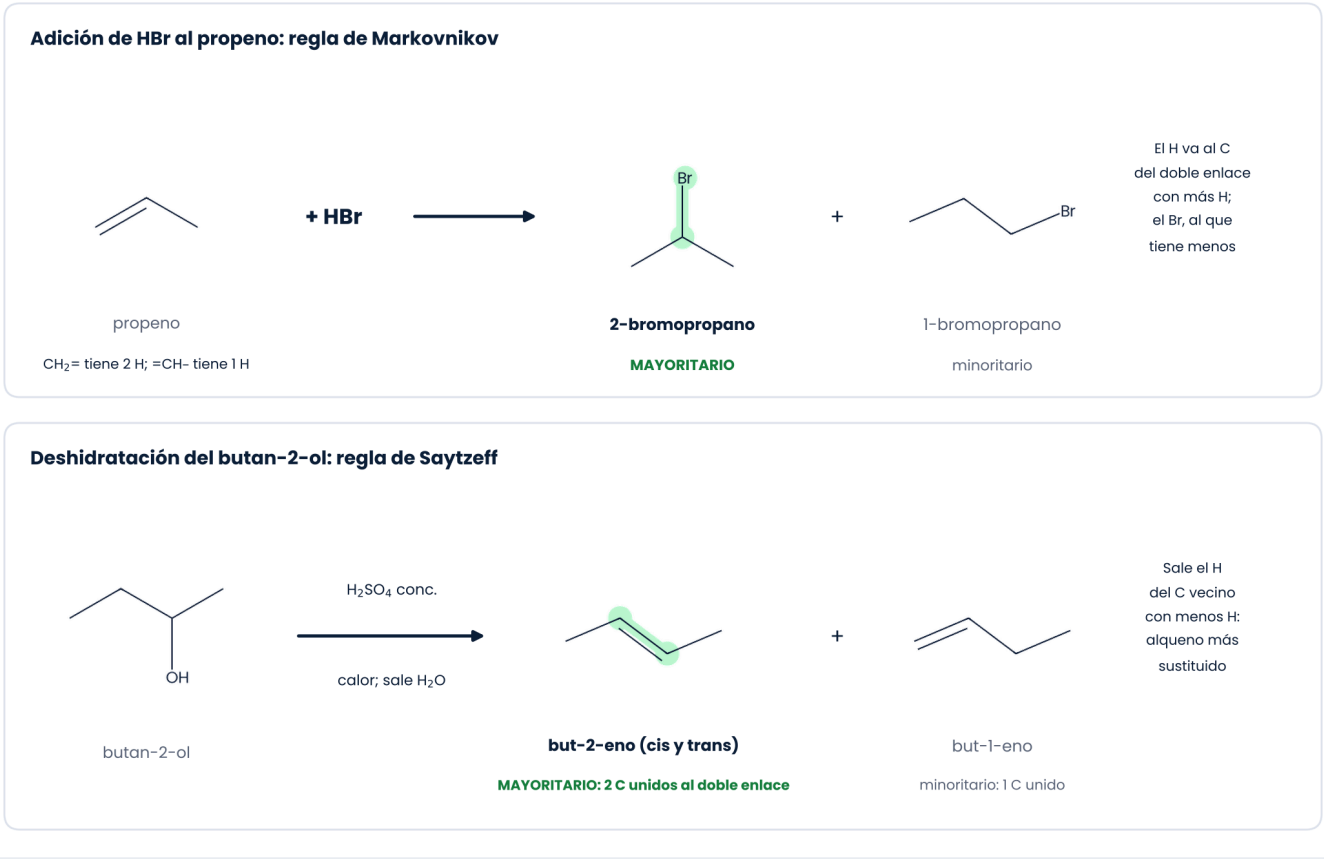
**VERDADERO O FALSO CON UNA ADICIÓN DE BROMO**

**PAU La Rioja 2025 (ordinaria), 4B a)** (0,5 puntos): «Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas [...] a) La molécula but-2-eno en presencia de Br2 da lugar a 2,3-dibromobutano.»

**Respuesta modelo**

**Verdadera.** El $Br_2$ se suma al doble enlace (adición de halógeno) y cada carbono del doble enlace recibe un Br: $CH_3-CH=CH-CH_3 + Br_2 \longrightarrow CH_3-CHBr-CHBr-CH_3$, el 2,3-dibromobutano.

**Por qué puntúa.** En un verdadero o falso la palabra sola no puntúa: escribe la reacción que lo demuestra.




**Markovnikov y Saytzeff con estructuras.** Arriba, el HBr se suma al propeno: el Br va al carbono central (el que tiene menos H) y sale sobre todo 2-bromopropano. Abajo, el butan-2-ol pierde agua: el H sale del $CH_2$ vecino (el que tiene menos H) y sale sobre todo but-2-eno, el alqueno más sustituido.

## 4 Eliminación (alcoholes y derivados halogenados) y regla de Saytzeff

En una eliminación salen dos átomos o grupos de **carbonos vecinos** y entre esos carbonos se forma un doble enlace. Es la reacción contraria a la adición.

- **Deshidratación de alcoholes**: con ácido sulfúrico concentrado y calor, el alcohol pierde una molécula de agua (el OH de su carbono y un H del carbono vecino): $CH_3-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2 + H_2O$.
- **Deshidrohalogenación**: con KOH o NaOH **en etanol y en caliente**, un derivado halogenado pierde HX: $CH_3-CHBr-CH_3 + KOH \xrightarrow[\text{calor}]{\text{etanol}} CH_2=CH-CH_3 + KBr + H_2O$.

- **Regla de Saytzeff** (o de Zaitsev): si el H puede salir de dos carbonos vecinos distintos, sale del que **tiene menos H**, y se forma el **alqueno más sustituido** (con más carbonos unidos al doble enlace), que es el más estable. Madrid lo resume así: «se forma el alqueno más sustituido» (solución del modelo de 2025).
- El caso que más sale: $\mathrm{CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3} \xrightarrow[\text{calor}]{\mathrm{H_2SO_4}} \mathrm{CH_3-CH=CH-CH_3} + \mathrm{H_2O}$. El **but-2-eno** es el mayoritario y el but-1-eno el minoritario. El but-2-eno además tiene isómeros **cis y trans** (Tema 18), y Madrid pide dibujarlos.
- **Sustitución o eliminación** con la misma pareja (derivado halogenado + base): mandan el disolvente y la temperatura. En agua y sin calentar, **sustitución** (alcohol); en etanol y en caliente, **eliminación** (alqueno). Murcia lo preguntó así en 2025 (tercer ejercicio resuelto).
- Del etanol sale **eteno**, nunca etino: una deshidratación quita **una** molécula de agua y forma **un** doble enlace.

**SAYTZEFF EN ANDALUCÍA**

**PAU Andalucía 2026 (reserva 2), 4A b)** (0,5 puntos): «Indique el producto mayoritario de la deshidratación del CH3CH2CH(OH)CH3»

**Respuesta modelo**

Es el butan-2-ol. Al deshidratarlo (ácido sulfúrico concentrado y calor) el OH sale del carbono 2 y el H puede salir del carbono 1 ($\mathrm{CH_3}$, 3 H) o del 3 ($\mathrm{CH_2}$, 2 H). Por la **regla de Saytzeff** sale del que tiene menos H, el carbono 3: $\mathrm{CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3} \longrightarrow \mathrm{CH_3-CH=CH-CH_3} + \mathrm{H_2O}$. El mayoritario es el **but-2-eno**, el alqueno más sustituido; el but-1-eno es minoritario.

**Por qué puntúa.** Andalucía da todos los apartados de 0,5 sin criterios específicos de esta pregunta: escribe la reacción, el nombre y la regla.

**UNA TRAMPA CLÁSICA**

**PAU Madrid 2025 (modelo), 3B d)** (0,5 puntos): «Indique si cada una de las siguientes afirmaciones es verdadera o falsa y justifique las respuestas formulando la reacción a la que se alude. […] d) La deshidratación del etanol, por el ácido sulfúrico, produce etino.»

**Respuesta modelo**

**Falsa.** La deshidratación quita una molécula de agua y forma un doble enlace, no un triple: $\mathrm{CH_3-CH_2-OH} \xrightarrow[\text{calor}]{\mathrm{H_2SO_4}} \mathrm{CH_2=CH_2} + \mathrm{H_2O}$. Se obtiene **eteno**.

**Por qué puntúa.** Para llegar a etino haría falta perder dos moléculas pequeñas de dos carbonos vecinos, y el etanol solo tiene un OH.

**CUANDO EL ENUNCIADO NO DA LAS CONDICIONES**

**PAU Cantabria 2026 (ordinaria), Pregunta 8 b1)** (0,5 puntos): «Complete y ajuste las siguientes reacciones orgánicas e indique el tipo de reacción: b1) CH3-CH2-CH2Br + KOH →»

**Respuesta modelo**

Con KOH en agua, el $\mathrm{OH^-}$ sustituye al Br: $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2Br} + \mathrm{KOH} \longrightarrow \mathrm{CH_3-CH_2-CH_2OH} + \mathrm{KBr}$ (propan-1-ol; **sustitución**). Con KOH en etanol y calor se elimina HBr: $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2Br} + \mathrm{KOH} \longrightarrow \mathrm{CH_3-CH=CH_2} + \mathrm{KBr} + \mathrm{H_2O}$ (propeno; **eliminación**).

**Por qué puntúa.** El enunciado no dice ni disolvente ni temperatura: escribe la que elijas diciendo en qué condiciones ocurre. Los criterios de Cantabria no publican cuál esperan.

### El producto mayoritario no se pide en todas partes

**Canarias**: «A la hora de completar reacciones orgánicas no se exige conocer qué producto es el mayoritario y cuál el minoritario» (acta de 20-03-2026; 2025-26; pendiente de confirmar para 2027: el acta de 30-09-2026 no lo repite ni lo anula). **Cataluña** excluye las dos reglas («En les reaccions d'addició NO s'inclou la regla de Markonikov […]», y lo mismo con la de Saytzeff; Orientacions PAU-2027) y no pide predecir productos, solo reconocer el tipo. **Andalucía** no cita la regla de Saytzeff en sus orientaciones, pero en 2026 (reserva 2) preguntó «el producto mayoritario de la deshidratación del CH3CH2CH(OH)CH3». **Madrid**, **Murcia**, **Cantabria**, **País Vasco** (2025: «Señalar cuál de ellos es claramente mayoritario») y **Extremadura** (2027: «donde proceda, el producto mayoritario») lo piden.

## 5 Oxidación, reducción y combustión

En orgánica, **oxidar** un carbono es darle oxígeno o quitarle hidrógeno, y **reducirlo**, lo contrario. Los oxidantes típicos son el dicromato de potasio ($\mathrm{K_2Cr_2O_7}$) y el permanganato de potasio ($\mathrm{KMnO_4}$) en medio ácido; los reductores, el $\mathrm{H_2}$ con

catalizador (Ni, Pt) y los hidruros $LiAlH_4$ y $NaBH_4$.

- **Alcohol primario → aldehído → ácido**: $CH_3-CH_2-CH_2OH + [O] \longrightarrow CH_3-CH_2-CHO + H_2O$ (propanal) y $CH_3-CH_2-CHO + [O] \longrightarrow CH_3-CH_2-COOH$ (ácido propanoico). De una vez: $CH_3-CH_2-CH_2OH + 2\,[O] \longrightarrow CH_3-CH_2-COOH + H_2O$.
- Para quedarse en el aldehído se usa un oxidante **suave** («oxidante débil (ej. dicromato de potasio diluido)», solucionario del País Vasco de 2026) y se destila el aldehído según se forma; con un oxidante **fuerte** ($KMnO_4$) se llega al ácido. Murcia: «No se preguntarán oxidaciones de alcoholes únicamente a aldehído».
- **Alcohol secundario → cetona**, y ahí se para: $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3 + [O] \longrightarrow CH_3-CO-CH_2-CH_3 + H_2O$ (butanona). Un alcohol terciario, como el 2-metilpropan-2-ol, no se oxida sin romper la cadena.
- **Reducción**: $CH_3-CH_2-CH_2-CHO + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ (butan-1-ol) y $CH_3-CO-CH_2-CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3-CH(OH)-CH_2-CH_3$ (butan-2-ol). Una **reducción nunca da un ácido**, y la **oxidación** de un aldehído **nunca da un alcohol**: son trampas típicas de verdadero o falso (La Rioja 2025, Madrid modelo 2025).
- Si te piden la ecuación con el oxidante real (dicromato o permanganato), ajústala por el método del ion-electrón (Tema 15).
- **Combustión**: es la oxidación total. Todo el C pasa a $CO_2$ y todo el H a $H_2O$: $C_3H_8 + 5\,O_2 \longrightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$. En un alcohol cuenta el O que ya trae: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH + 6\,O_2 \longrightarrow 4\,CO_2 + 5\,H_2O$ (butan-1-ol). El calor que desprende se calcula en el Tema 8.

**1 Fórmula molecular**
Pasa el compuesto a $C_xH_yO_z$: el butan-1-ol es $C_4H_{10}O$.

**2 Carbono**
Tantos $CO_2$ como átomos de C (4).

**3 Hidrógeno**
Tantos $H_2O$ como la mitad de los H (5).

**4 Oxígeno**
Cuenta los O de la derecha (8 + 5 = 13), resta los que trae el compuesto (1) y divide entre 2: 6 $O_2$.

**5 Sin fracciones**
Si te sale media molécula de $O_2$ (el etano necesita 7/2), multiplica todo por 2: $2\,C_2H_6 + 7\,O_2 \longrightarrow 4\,CO_2 + 6\,H_2O$.

| Compuesto | Con un oxidante [O] | Con un reductor [H] |
|---|---|---|
| Alcohol primario $R-CH_2OH$ | Aldehído $R-CHO$ y, si sigue, ácido $R-COOH$ | No se reduce más |
| Alcohol secundario $R-CH(OH)-R'$ | Cetona $R-CO-R'$ | No se reduce más |
| Alcohol terciario | No se oxida (su carbono no tiene H) | No se reduce más |
| Aldehído $R-CHO$ | Ácido $R-COOH$ | Alcohol primario |
| Cetona $R-CO-R'$ | No se oxida en estas condiciones | Alcohol secundario |

Para ajustar con [O] y [H]: cada [O] aporta un átomo de O y cada [H] uno de H; lo que sobra sale como $H_2O$.

**OXIDAR NO ES REDUCIR**

**PAU La Rioja 2025 (ordinaria), 4B d)** (0,5 puntos): «Razone si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas […] d) La oxidación de butanal da lugar a butan-1-ol.»

Respuesta modelo

**Falsa.** Al oxidar un aldehído, el carbono del grupo CHO gana un oxígeno y se forma el ácido carboxílico: $CH_3-CH_2-CH_2-CHO + [O] \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ (ácido butanoico). El butan-1-ol sale de la **reducción** del butanal: $CH_3-CH_2-CH_2-CHO + H_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$.

**Por qué puntúa.** Justifica con las dos reacciones: la que pasa de verdad y la que daría lo que dice el enunciado.

**COMBUSTIÓN DE UN ALCANO RAMIFICADO**

**PAU Madrid 2025 (extraordinaria), 3A a)** (0,5 puntos): «Complete las siguientes reacciones. Formule y nombre todos los compuestos orgánicos. Indique el tipo de reacción […] a) Metilbutano + O2 →»

Respuesta modelo

El metilbutano es $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$, de fórmula $C_5H_{12}$: 5 $CO_2$, 6 $H_2O$ y $(10+6)/2 = 8$ de $O_2$. $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_3 + 8\,O_2 \longrightarrow 5\,CO_2 + 6\,H_2O$. **Combustión**.

**Por qué puntúa.** Es la solución oficial de Madrid. Ramificado o no, un $C_5H_{12}$ gasta el mismo oxígeno.

## 6 Condensación e hidrólisis: ésteres, amidas y saponificación

Una condensación une dos moléculas por sus grupos funcionales y libera una molécula pequeña, casi siempre agua. Romper ese enlace con agua es una **hidrólisis**.

- **Esterificación** (ácido + alcohol, con ácido como catalizador): el OH del ácido y el H del alcohol forman el agua. $CH_3-COOH + CH_3-CH_2-OH \rightleftharpoons CH_3-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$ (etanoato de etilo). Es un **equilibrio**: el $H_2SO_4$ concentrado cataliza y además retira agua.
- **Cómo se nombra el éster**: la parte del ácido termina en *-ato* y la del alcohol va como radical. Ácido propanoico + etanol → **propanoato de etilo** ($CH_3-CH_2-COO-CH_2-CH_3$). Al revés, el etanoato de propilo sale del ácido etanoico y del propan-1-ol.
- **Amidas** (ácido + amina, o amoniaco): sale agua y se forma el grupo amida $-CO-NH-$. $CH_3-CH_2-COOH + CH_3-CH_2-NH_2 \longrightarrow CH_3-CH_2-CO-NH-CH_2-CH_3 + H_2O$ (N-etilpropanamida). Es el enlace peptídico de las proteínas.
- **Hidrólisis de un éster**: en medio ácido es el equilibrio anterior al revés (da el ácido y el alcohol). En medio básico se llama **saponificación**, es completa y da la **sal** del ácido: $CH_3-COO-CH_2-CH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3-COONa + CH_3-CH_2-OH$ (etanoato de sodio y etanol).
- **Jabones**: las grasas son triésteres de la glicerina (propano-1,2,3-triol); con NaOH dan glicerina y sales sódicas de ácidos grasos, que son los jabones: $C_3H_5(OOC-R)_3 + 3\,NaOH \longrightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3\,R-COONa$. La Comunitat Valenciana cita la saponificación en sus Matizaciones («esterificación/saponificación») y Cataluña incluye la hidrólisis de ésteres y amidas.
- **Ácido-base**: los ácidos carboxílicos se neutralizan con bases, $CH_3-CH_2-COOH + NaOH \longrightarrow CH_3-CH_2-COONa + H_2O$ (propanoato de sodio; Madrid 2025 la llama «Reacción de neutralización (ácido-base)»), y las aminas captan protones: $CH_3-CH_2-NH_2 + HCl \longrightarrow CH_3-CH_2-NH_3^+ + Cl^-$. Cataluña las incluye para ácidos carboxílicos, fenoles y aminas.

**REACTIVOS QUE DAN UNA AMIDA**

**PAU Navarra 2025 (ordinaria), Bloque 4, cuestión 4** (0,5 puntos): «Las proteínas son, desde el punto de vista de la química orgánica, amidas. Indique los reactivos de una reacción que pueda dar lugar a la formación de una amida (0,50 ptos.).»

**Respuesta modelo**

Un **ácido carboxílico y una amina** (o amoniaco). Por ejemplo, ácido etanoico y metilamina: $CH_3-COOH + CH_3-NH_2 \longrightarrow CH_3-CO-NH-CH_3 + H_2O$, que da **N-metiletanamida** y agua. Es una **condensación**: el OH del ácido y un H de la amina salen como agua y se forma el enlace C–N del grupo amida.

**Por qué puntúa.** En Navarra el uso correcto de la nomenclatura vale un 25 % del apartado: nombra los cuatro compuestos.

**UN ÁCIDO CARBOXÍLICO CON UNA BASE**

**PAU Madrid 2025 (extraordinaria), 3A b)** (0,5 puntos): «Complete las siguientes reacciones. Formule y nombre todos los compuestos orgánicos. Indique el tipo de reacción [...] b) Ácido propanoico + NaOH (ac) →»

**Respuesta modelo**

$CH_3-CH_2-COOH + NaOH \longrightarrow CH_3-CH_2-COONa + H_2O$: **propanoato de sodio** y agua. Es una **neutralización** (reacción ácido-base): el ácido cede su $H^+$ al $OH^-$.

**Por qué puntúa.** No es una saponificación: no hay ningún éster. La saponificación rompe un éster con NaOH.

### Condensaciones en Canarias

El acta canaria de 28-03-2025 acordó que en 2025 las condensaciones serían solo esterificaciones y dejó la decisión para cursos siguientes; no consta un acuerdo posterior. Su modelo de 2025 (que repite julio de 2024) pidió formar una amida con ácido propanoico y etilamina: prepárate las dos.

## 7 Completar una secuencia de reacciones

Muchas preguntas encadenan dos o tres reacciones (A → B → C) o te dan el producto y piden los reactivos. Se resuelven igual: mirando qué cambia en cada paso.

**1 Cuenta los carbonos**
Salvo en esterificaciones, amidas, hidrólisis de ésteres y reacciones con cianuro (NaCN o HCN), la cadena no gana ni pierde carbonos.

**2 Lee el reactivo de cada flecha**
La tabla de abajo te dice qué reacción es cada reactivo con cada función.

**3 Producto con nombre**
Escribe cada producto en semidesarrollada y nómbralo antes de pasar al siguiente paso.

**4 Si te dan el final**
Un éster se parte por el enlace C–O: la parte *-ato* es el ácido y la parte *-ilo*, el alcohol.

**5 Comprueba**
Cada paso ajustado y con sentido: un alcohol secundario no da un ácido, y un terciario no se oxida.

| Reactivo y condiciones | Sobre… | Reacción |
|---|---|---|
| $H_2$ con Pt, Pd o Ni | C=C o C≡C | Adición (hidrogenación) |
| $H_2$ con Ni, $LiAlH_4$, $NaBH_4$ | C=O (aldehído, cetona) | Reducción |
| $Br_2$, $Cl_2$ | C=C o C≡C | Adición |
| $Br_2$ con $FeBr_3$; $HNO_3$ con $H_2SO_4$ | Benceno | Sustitución |
| $Cl_2$ con luz | Alcano | Sustitución |
| HX | Alqueno / alcohol | Adición (Markovnikov) / sustitución |
| $H_2O$ con $H^+$ | Alqueno | Adición (hidratación) |
| $H_2SO_4$ concentrado y calor | Alcohol | Eliminación (Saytzeff) |
| KOH en etanol, calor | Derivado halogenado | Eliminación |
| NaOH o KOH en agua | Derivado halogenado / éster | Sustitución / saponificación |
| $K_2Cr_2O_7$ o $KMnO_4$ ($H^+$) | Alcohol 1.º o 2.º, aldehído | Oxidación |
| Ácido carboxílico ($H^+$) | Alcohol | Esterificación (condensación) |
| $O_2$ en exceso, chispa | Cualquier compuesto de C, H y O | Combustión |

**DEL PRODUCTO A LOS REACTIVOS**

**PAU Madrid 2025 (reserva 1), 3A a)** (0,75 puntos): «Complete las siguientes reacciones orgánicas, formulando y nombrando todos los compuestos orgánicos, y especifique de qué tipo de reacción se trata: a) A + B → etanoato de isopropilo (etanoato de metiletilo)»

**Respuesta modelo**

Partimos el éster: *etanoato* viene del **ácido etanoico** (A) y *isopropilo* del **propan-2-ol** (B). $CH_3{-}COOH + CH_3{-}CH(OH){-}CH_3 \rightleftharpoons CH_3{-}COO{-}CH(CH_3)_2 + H_2O$. Es una **esterificación** (condensación).

**Por qué puntúa.** La solución oficial admite A y B «o al revés». Escribe también el agua: sin ella la ecuación no está ajustada.

**UNA CADENA QUE ACABA EN UN POLÍMERO**

**PAU Madrid 2025 (modelo), 3A b)** (1,25 puntos): «Complete las siguientes reacciones identificando las sustancias A, B, C y D (fórmula y nombre): i) etanol + H2SO4/calor → A; ii) etanol + oxidante (frío) → B; iii) B + oxidante → C; iv) n A(polimerización) → D.»

**Respuesta modelo**

i) Deshidratación: $CH_3{-}CH_2{-}OH \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_2{=}CH_2 + H_2O$, A = **eteno**. ii) Oxidación suave: $CH_3{-}CH_2{-}OH + [O] \longrightarrow CH_3{-}CHO + H_2O$, B = **etanal**. iii) Oxidación: $CH_3{-}CHO + [O] \longrightarrow CH_3{-}COOH$, C = **ácido etanoico** (acético). iv) Polimerización por adición: $n\,CH_2{=}CH_2 \longrightarrow [-CH_2{-}CH_2-]_n$, D = **polietileno** (PE).

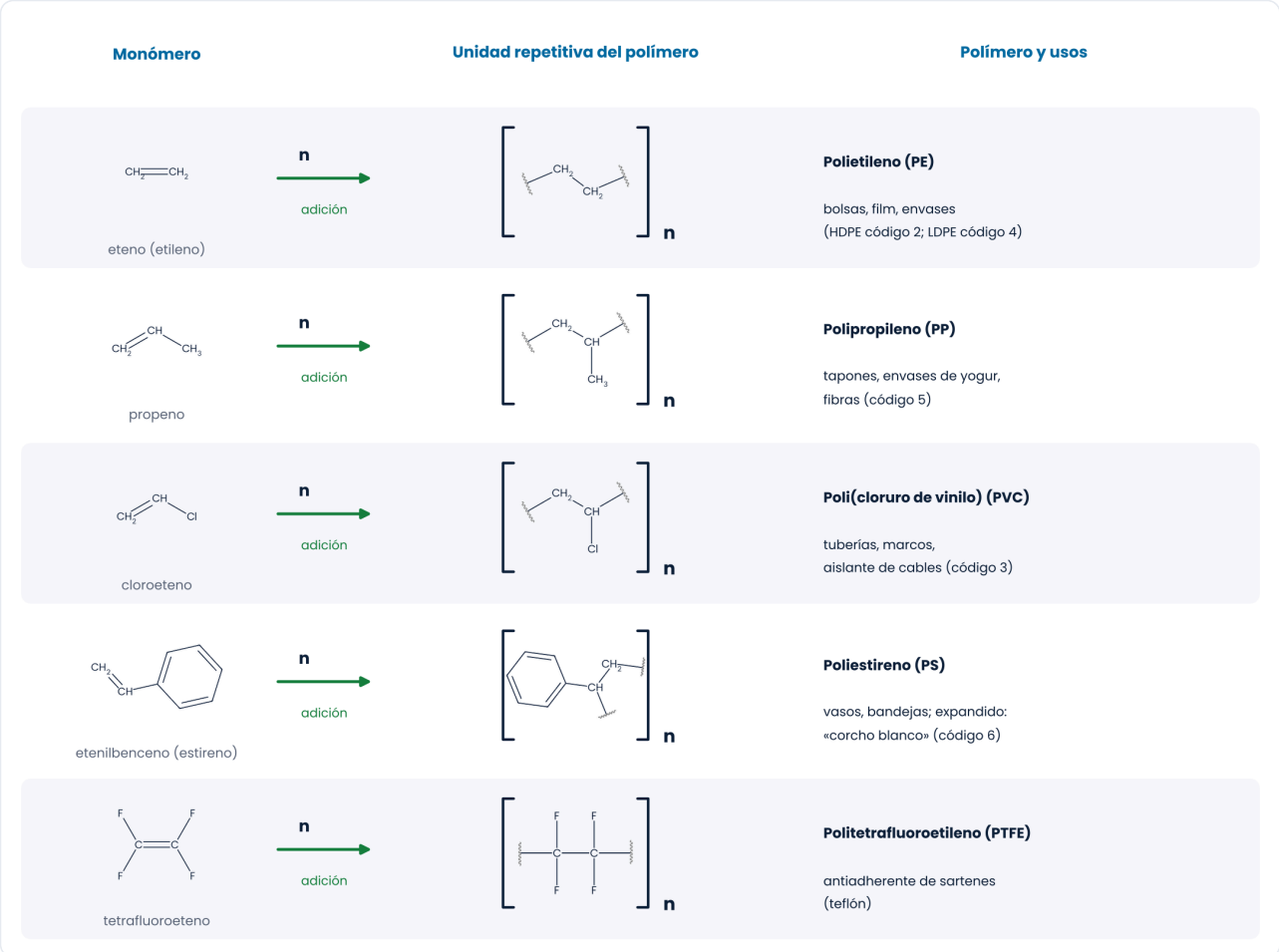
**Por qué puntúa.** Coincide con la solución oficial. Observa cómo la misma molécula (etanol) da cosas distintas según el reactivo.

## 8 Polímeros de adición

Un **polímero** es una macromolécula formada por muchas unidades encadenadas que se repiten (**unidades repetitivas**) que proceden de moléculas pequeñas, los **monómeros**. El número de unidades es el **grado de polimerización**, $n$.

- **Polimerización por adición**: el monómero tiene un doble enlace C=C; se abre el enlace π y los monómeros se unen unos a otros **sin perder ningún átomo**. Por eso la unidad repetitiva tiene **la misma fórmula molecular que el monómero**: $n\,CH_2{=}CH_2 \longrightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$.
- Con un sustituyente en el monómero, el sustituyente aparece en un carbono sí y en otro no: $n\,CH_2{=}CHCl \longrightarrow [-CH_2-CHCl-]_n$ (PVC) y $n\,CH_2{=}CH-CH_3 \longrightarrow [-CH_2-CH(CH_3)-]_n$ (polipropileno).
- En los polímeros de la PAU, **cadena solo de carbonos** = polímero de adición. Si en la cadena principal hay O o N (grupos éster o amida), es de condensación (sección siguiente).
- **Grado de polimerización**: un polietileno de masa molar media 140 000 g/mol, con unidades $C_2H_4$ de 28 g/mol (C = 12, H = 1), tiene $n = \dfrac{140\,000}{28} = 5000$ unidades.
- Madrid pide escribir la polimerización y dar el nombre y la **sigla** (PP, PVC, PS): salió en 2025 (polipropileno, poliestireno) y en 2026 (PVC).

| Polímero | Monómero | Usos |
|---|---|---|
| Polietileno (PE) | Eteno, $CH_2{=}CH_2$ | Bolsas, film, botellas; alta densidad (HDPE) y baja densidad (LDPE) |
| Polipropileno (PP) | Propeno, $CH_2{=}CH-CH_3$ | Tapones, envases, fibras |
| Poli(cloruro de vinilo) (PVC) | Cloroeteno, $CH_2{=}CHCl$ | Tuberías, marcos de ventanas, aislante de cables |
| Poliestireno (PS) | Etenilbenceno (estireno), $CH_2{=}CH-C_6H_5$ | Vasos y bandejas; expandido, el «corcho blanco» |
| Politetrafluoroetileno (PTFE, teflón) | Tetrafluoroeteno, $CF_2{=}CF_2$ | Recubrimiento antiadherente |




**Cinco polímeros de adición.** Cada monómero (izquierda) abre su doble enlace y se repite n veces (centro, entre corchetes). La unidad repetitiva tiene los mismos átomos que el monómero; los extremos ondulados indican que la cadena sigue.

## 9 Polímeros de condensación, clasificación y medio ambiente

En la polimerización por condensación cada monómero tiene **dos grupos funcionales**, uno en cada extremo, y en cada unión se libera una molécula pequeña (agua, o HCl si se parte de un cloruro de ácido). La unidad repetitiva tiene menos

átomos que la suma de los monómeros.

- **Poliésteres** (diácido + diol). PET, a partir de ácido benceno-1,4-dicarboxílico (tereftálico) y etano-1,2-diol (etilenglicol):

$$n\,\mathrm{HOOC{-}C_6H_4{-}COOH} + n\,\mathrm{HO{-}CH_2{-}CH_2{-}OH} \longrightarrow \mathrm{HO[{-}OC{-}C_6H_4{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}O{-}]_nH} + (2n-1)\,\mathrm{H_2O}$$

- **Poliamidas** (diácido + diamina). Nailon 6,6:

$$n\,\mathrm{HOOC{-}(CH_2)_4{-}COOH} + n\,\mathrm{H_2N{-}(CH_2)_6{-}NH_2} \longrightarrow \mathrm{HO[{-}OC{-}(CH_2)_4{-}CO{-}NH{-}(CH_2)_6{-}NH{-}]_nH} + (2n-1)\,\mathrm{H_2O}$$

  El «6,6» indica los 6 carbonos de cada monómero. Las proteínas son poliamidas naturales.

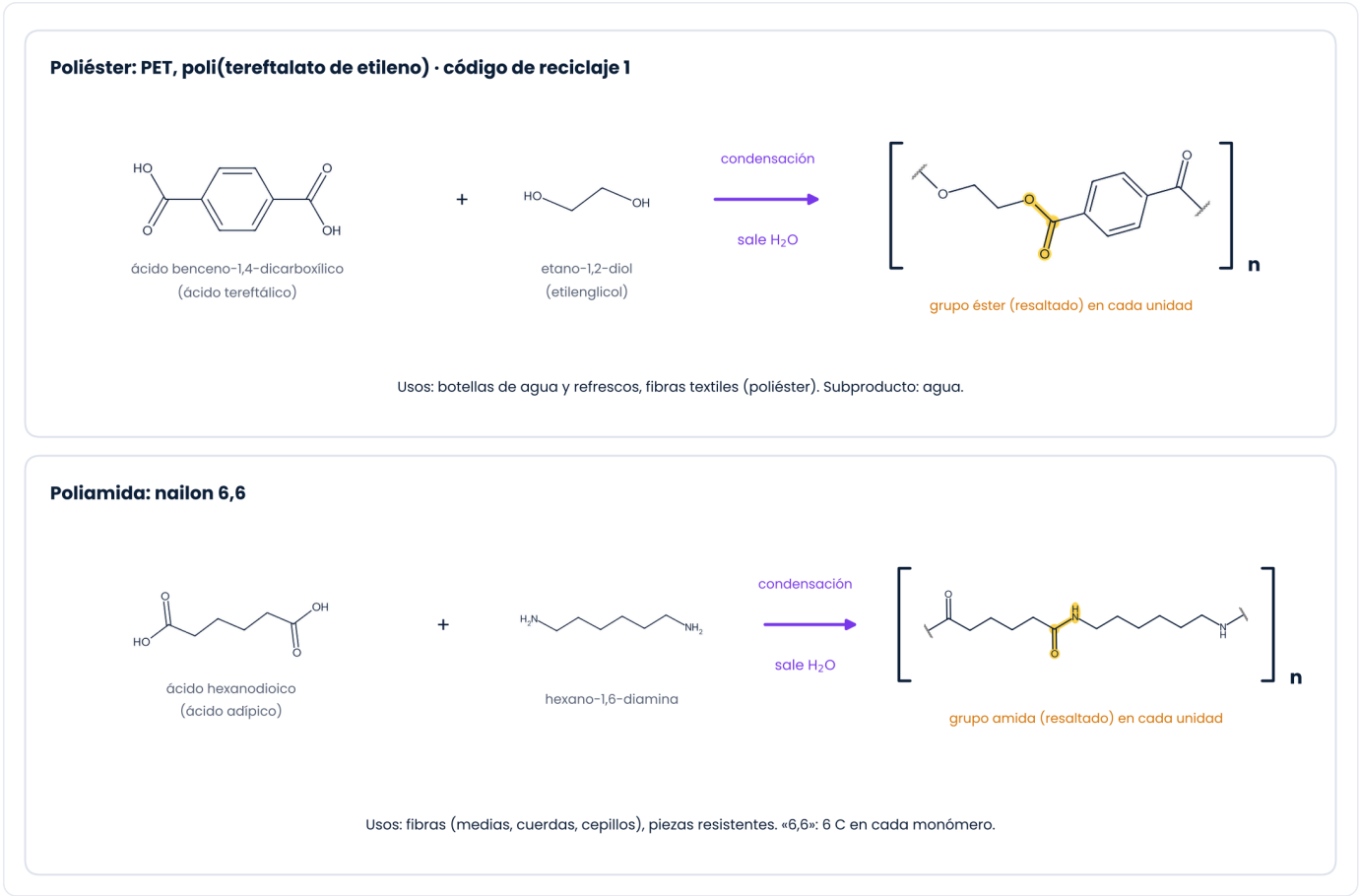
- **Por qué $2n-1$**: con $n$ moléculas de cada monómero se forman $2n-1$ enlaces éster o amida y cada uno suelta una molécula de agua; la cadena conserva sus dos extremos, $\mathrm{HO^-}$ (del ácido) y $-\mathrm{H}$ (del diol o de la diamina). Si escribes solo la unidad entre corchetes, sin los extremos, la ecuación ajustada lleva $2n\,\mathrm{H_2O}$, como verás en muchos libros. Lo que importa es que **sale agua en cada enlace** éster o amida.
- **Impacto ambiental**: la mayoría de los plásticos sintéticos no son biodegradables y se acumulan en el ambiente; se fragmentan en **microplásticos**, que llegan a ríos, mares y cadenas tróficas; se fabrican a partir del petróleo, y al quemarlos sin control liberan gases tóxicos (el PVC desprende HCl).
- **Reciclado**: **mecánico** (triturar, fundir y volver a moldear; solo termoplásticos), **químico** (romper el polímero en sus monómeros, como puede hacerse con el PET) y **valorización energética** (incinerar recuperando la energía). Los envases pueden llevar (es voluntario) un **código de identificación**: 1 PET, 2 HDPE, 3 PVC, 4 LDPE, 5 PP y 6 PS; los números del 7 al 19 quedan sin material asignado (Decisión 97/129/CE de la Comisión). El «7 = otros» que ves en muchos envases es un uso extendido, no lo fija la Decisión.
- **Bioplásticos**: de origen renovable o biodegradables, como el PLA (poli(ácido láctico), un poliéster). En España, la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular limita los plásticos de un solo uso y grava los envases de plástico no reutilizables.

| Según | Tipos | Ejemplos |
|---|---|---|
| Origen | Naturales; artificiales (natural modificado); sintéticos | Celulosa, proteínas, caucho natural; acetato de celulosa; PE, PVC, nailon |
| Reacción | De adición; de condensación | PE, PP, PVC, PS; PET, nailon |
| Estructura | Lineales; ramificados; entrecruzados (reticulados) | HDPE; LDPE; baquelita, caucho vulcanizado |
| Comportamiento con el calor | Termoplásticos (se ablandan y se remoldean); termoestables (no funden, se descomponen); elastómeros (se estiran y recuperan la forma) | PE, PET; baquelita, resinas epoxi; caucho |
| Composición | Homopolímeros (de una sola especie de monómero, real o «implícita»); copolímeros (de dos o más especies de monómero: unidades distintas en la cadena) | PE, PVC (y PET y nailon 6,6 para la IUPAC); ABS, caucho SBR |

Los termoplásticos son cadenas sueltas unidas por fuerzas intermoleculares, que se vencen al calentar: por eso se funden y se reciclan. Los termoestables forman una red de enlaces covalentes: al calentar se descomponen antes de fundir.

### Polímeros: lo que dice cada documento oficial

**Murcia**: «Los polímeros NO serán objeto de examen» (Orientación sobre los contenidos, PAU 2027). **Andalucía**: las orientaciones de 2025-26 y 2026-27 ya no incluyen los polímeros (sí las de 2024-25). **Extremadura**: los Criterios Generales 2026-27 cierran el bloque C en el saber 40 y ya no listan los saberes 41-42 de polímeros, sin ninguna frase que lo explique. **Castilla-La Mancha**: la orientación Crue 2025-26 solo pone «C1. Estructura de las moléculas orgánicas. Grupos funcionales. Isomería. C2. Reactividad orgánica.» **Galicia**: el Decreto 157/2022 los incluye, pero las Orientacións 2026/2027 de la CiUG no los mencionan. **Castilla y León**: solo «Proceso de polimerización y diseño del polímero a partir de un monómero». **Cataluña** cambia en 2027: hay que identificar el monómero (o los monómeros) a partir del polímero y al revés, algo que «es pot treballar» (se puede trabajar) con los de los códigos de reciclaje (HDPE, LDPE, PP, PS, PVC, PET y PA), que ya no son una lista cerrada; pero «No s'exigirà memoritzar ni els seus noms ni les seves propietats i usos» (no se exigirá memorizar sus nombres, propiedades ni usos); además, saber si es de adición o de condensación y clasificarlos; las aplicaciones y los riesgos siguen en la columna «NO AVALUABLES en les PAU-2027». **Madrid** (ámbito 2026-27): «Los tipos de reacciones de polimerización, solo se requerirán para: polietileno, polipropileno, poliestireno, policloruro de vinilo (conociendo nombre y siglas del polímero) y poliésteres». **Asturias** (ficha 2025/2026): PE, PVC, nylon 66 y PET, con dos aplicaciones, dos propiedades y dos riesgos medioambientales de cada uno.




**Dos polímeros de condensación.** Arriba, el PET: ácido tereftálico y etilenglicol se unen por enlaces éster y sale agua. Abajo, el nailon 6,6: ácido hexanodioico y hexano-1,6-diamina se unen por enlaces amida y sale agua. El grupo resaltado se repite en cada unidad.

## 10 Qué te piden en tu comunidad

Resumen de los documentos oficiales de 2025-26 y 2026-27 y de lo que ha caído en 2025-2026. Que algo no haya caído no quiere decir que no entre: solo está fuera lo que un documento oficial excluye o limita.

| Comunidad | Reacciones orgánicas | Polímeros |
|---|---|---|
| Andalucía | Lista cerrada: combustión; sustitución alifática y aromática; adición de $H_2$, halógenos, haluros de hidrógeno y agua; eliminación de agua y de haluros de hidrógeno; esterificación; redox. Sin mecanismos | Ya no figuran en las orientaciones de 2025-26 ni de 2026-27; no han caído en 2025-2026 |
| Aragón | Su currículo (Orden ECD/1173/2022) no desarrolla el bloque de orgánica, que sí está en el RD 243/2022; no ha caído en 2025-2026 | Igual que las reacciones |
| Asturias | Solo cinco: halogenación del benceno, deshidratación de alcoholes, hidratación, oxidación de alcoholes a aldehídos y cetonas, esterificación (ficha 2025/2026). Sin mecanismos (acta de 2024-25; pendiente de confirmar para 2027) | PE, PVC, nylon 66 y PET: monómeros, tipo de polimerización, aplicaciones, propiedades y riesgos (ficha 2025/2026) |
| Illes Balears | En el currículo, sin exclusión; no ha caído en 2025-2026 | En el currículo; no han caído |
| Canarias | Entra; «no se exige conocer qué producto es el mayoritario» (acta de 20-03-2026; 2025-26; pendiente de confirmar para 2027) | En el currículo, sin exclusión; no han caído |
| Cantabria | Sustitución, adición, eliminación, condensación y redox, con productos mayoritarios | Sin concreciones; no han caído |
| Castilla-La Mancha | «Reactividad orgánica»: identificar el tipo de reacción | No figuran en la orientación Crue 2025-26; no han caído |
| Castilla y León | Sustitución, adición, eliminación, condensación y redox; formular, nombrar y explicar | Solo la polimerización a partir del monómero; cayó en 2026 (polietileno) |
| Cataluña | Solo reconocer el tipo (sustitución, adición, eliminación, condensación, hidrólisis, ácido-base); sin Markovnikov ni Saytzeff | Adición y condensación, clasificación y monómero ↔ polímero con los de los códigos de reciclaje, sin memorizar nombres (nuevo en 2027); aplicaciones y riesgos, «NO AVALUABLES en les PAU-2027» |

| Comunidad | Reacciones orgánicas | Polímeros |
|---|---|---|
| Comunitat Valenciana | Combustión, sustitución, eliminación, adición, reducción, oxidación, esterificación y saponificación | Polietileno, PVC, PET, nailon (Matizaciones); no han caído en 2025-2026 |
| Extremadura | Saber 40; en 2027, producto mayoritario «donde proceda» | Los Criterios 2026-27 ya no los listan (sí los de 2025-26); no han caído |
| Galicia | Sustitución, adición, eliminación, condensación y redox (cuestiones razonadas) | En el Decreto 157/2022; no los mencionan las Orientacións 2026/2027; no han caído |
| La Rioja | Entra; verdadero o falso y «ponga un ejemplo»; la guía cita las secuencias de síntesis | En los saberes; no han caído |
| Madrid | Sustitución, adición, eliminación, condensación y redox; mayoritario y regla; «no se exigirá especificar el mecanismo» (ámbito 2026-27) | Polimerización de adición y de condensación; cayó en 2025 y 2026. Ámbito 2026-27: el tipo de polimerización, solo de PE, PP, PS, PVC (nombre y siglas) y poliésteres |
| Murcia | Sustitución, adición, eliminación, esterificación, redox y combustión; sin oxidación solo a aldehído, ni agua a alquinos, ni hidrogenación de compuestos con C=O y enlace múltiple C–C a la vez | «Los polímeros NO serán objeto de examen» |
| Navarra | Clasificar reacciones y poner ejemplos (Markovnikov, sustitución aromática, condensación) | En el currículo; cayó en 2025 (un ejemplo de polimerización) |
| País Vasco | En el currículo; esterificación, eliminación, Markovnikov, oxidación del etanol | En el currículo; no han caído en 2024–2026 |

Fuentes: investigación de los documentos de cada comisión (enlaces en «Fuentes»). Ceuta y Melilla se examinan con Andalucía.

## 11 Ejercicio resuelto: del etino al PVC y tres secuencias de reacciones (Madrid 2026)

**PAU COMUNIDAD DE MADRID 2026 · CONVOCATORIA ORDINARIA · PREGUNTA 3B (A ELEGIR ENTRE 3A Y 3B; 2,5 PUNTOS)**

Responda a las siguientes cuestiones:

**a)** Escriba la reacción de polimerización del alqueno obtenido en la reacción entre el etino y el HCl. Nombre el monómero y el polímero. (1 punto)

**b)** Complete las siguientes reacciones con el producto mayoritario, formulando los compuestos de partida, y nombrando y formulando los compuestos orgánicos A, B, C, D y E. i) Propan-1-ol →[oxidación] A →[oxidación] B; ii) Etanol + B → C; iii) Butan-2-ol →[H2SO4 conc. / calor] D →[HBr] E. (Esquema del examen transcrito: lo que va entre corchetes está escrito sobre cada flecha.) (1,5 puntos)

### Apartado a)

1. La idea: son dos reacciones seguidas. Primero una **adición** de HCl al triple enlace del etino, que da un alqueno; después, la **polimerización por adición** de ese alqueno.
2. Adición de un equivalente de HCl: el triple enlace pasa a doble. Los dos carbonos del etino son iguales, así que solo hay un producto: $\mathrm{HC{\equiv}CH + \ HCl \longrightarrow CH_2{=}CHCl}$. Es el **cloroeteno** (cloruro de vinilo).
3. Polimerización: se abre el doble enlace de cada molécula de cloroeteno y se encadenan sin perder átomos: $n\,\mathrm{CH_2{=}CHCl \longrightarrow [-CH_2-CHCl-]_n}$. La unidad repetitiva ($\mathrm{C_2H_3Cl}$, 62,5 g/mol) tiene la misma fórmula que el monómero.

**SOLUCIÓN** Monómero: **cloroeteno** (cloruro de vinilo), $\mathrm{CH_2{=}CHCl}$. Polímero: **poli(cloruro de vinilo)**, PVC, obtenido por polimerización de adición.

### Apartado b)

1. La idea: tres cadenas. En cada flecha, mira el reactivo: oxidación de un alcohol primario (escalera alcohol → aldehído → ácido), esterificación, y una eliminación seguida de una adición. Formula primero los compuestos de partida: propan-1-ol $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2OH}$, etanol $\mathrm{CH_3-CH_2OH}$ y butan-2-ol $\mathrm{CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3}$.
2. i) El propan-1-ol es un alcohol primario: se oxida a aldehído, $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2OH + \ [O] \longrightarrow CH_3-CH_2-CHO + H_2O}$ (A, **propanal**), y el aldehído a ácido, $\mathrm{CH_3-CH_2-CHO + \ [O] \longrightarrow CH_3-CH_2-COOH}$ (B, **ácido propanoico**).

3. ii) Etanol + ácido propanoico: **esterificación** (condensación) con catalizador ácido. $CH_3-CH_2-COOH + CH_3-CH_2OH \rightleftharpoons CH_3-CH_2-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$. C es el **propanoato de etilo**: la parte *-ato* viene del ácido y la *-ilo*, del alcohol.
4. iii) Butan-2-ol con $H_2SO_4$ concentrado y calor: **eliminación** (deshidratación). El H puede salir del carbono 1 o del 3; por la **regla de Saytzeff** sale del carbono 3, que tiene menos H, y se forma el alqueno más sustituido: $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$. D es el **but-2-eno** (el but-1-eno es minoritario).
5. D + HBr: **adición** al doble enlace. El but-2-eno es simétrico, así que solo hay un producto: $CH_3-CH=CH-CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$. E es el **2-bromobutano**. (Del but-1-eno también saldría 2-bromobutano como mayoritario, por Markovnikov.)

**SOLUCIÓN** A: propanal, $CH_3-CH_2-CHO$. B: ácido propanoico, $CH_3-CH_2-COOH$. C: propanoato de etilo, $CH_3-CH_2-COO-CH_2-CH_3$. D: but-2-eno, $CH_3-CH=CH-CH_3$. E: 2-bromobutano, $CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$.

**Lo que puntúa.** Las soluciones de Madrid («Documento de trabajo orientativo») dan en a) $HC\equiv CH + HCl \longrightarrow ClCH=CH_2$, «cloroeteno o cloruro de vinilo» y «policloruro de vinilo, PVC», y en b) A propanal, B ácido propanoico, C propanoato de etilo, D but-2-eno y E 2-bromobutano. La tabla oficial da 1 punto al a) y 1,5 al b), sin reparto interno; entre los criterios generales está el «Uso correcto de formulación, nomenclatura y lenguaje químico».

**Error típico que te quita puntos.** Escribir D como but-1-eno (sin aplicar Saytzeff), polimerizar el etino en lugar del cloroeteno o poner un Cl en cada carbono de la unidad del PVC. Y en C, nombrar el éster al revés (etanoato de propilo).

## 12 Ejercicio resuelto: del eteno al acetato de etilo (País Vasco 2026)

**PAU PAÍS VASCO 2026 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA · EJERCICIO E2 (BLOQUE E: A ELEGIR ENTRE E1 Y E2; 2 PUNTOS)**

En la industria del plástico se utiliza el eteno (etileno) como materia prima para sintetizar diversos productos. Completar las siguientes transformaciones químicas:

**a)** Eteno + agua (en medio ácido) → A (C2H6O). Escribir la ecuación química completa empleando fórmulas semidesarrolladas, nombrar el producto A e indicar el tipo de reacción. (0,50 puntos)

**b)** A + oxidante suave → B. Escribir la ecuación química completa empleando fórmulas semidesarrolladas, nombrar el producto B e indicar el tipo de reacción. (0,50 puntos)

**c)** A + oxidante fuerte → C. Escribir la ecuación química completa empleando fórmulas semidesarrolladas, nombrar el producto C e indicar el tipo de reacción. (0,50 puntos)

**d)** C + A + catalizador ácido → D. Escribir la ecuación química completa empleando fórmulas semidesarrolladas, nombrar el producto D, e indicar el tipo de reacción. (0,50 puntos)

### Apartado a)

1. La idea: agua sobre un doble enlace en medio ácido es una **adición** (hidratación). El eteno es simétrico, así que no hay que aplicar Markovnikov: un solo producto.
2. $CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3-CH_2OH$. La fórmula molecular cuadra con la del enunciado: $C_2H_6O$.

**SOLUCIÓN** A es el **etanol**, $CH_3-CH_2OH$. Reacción de **adición** (hidratación).

### Apartado b)

1. El etanol es un alcohol primario. Con un oxidante **suave** se queda en el aldehído (se destila según se forma para que no siga oxidándose).
2. $CH_3-CH_2OH + [O] \longrightarrow CH_3-CHO + H_2O$: el carbono del OH pierde dos H (uno sale con el oxígeno como agua) y queda el grupo CHO.

**SOLUCIÓN** B es el **etanal** (acetaldehído), $CH_3-CHO$. Reacción de **oxidación** (redox).

### Apartado c)

1. Con un oxidante **fuerte** (permanganato de potasio, por ejemplo) el alcohol primario llega hasta el ácido carboxílico: hacen falta **dos** [O].
2. $CH_3-CH_2OH + 2\,[O] \longrightarrow CH_3-COOH + H_2O$. Comprobación: a la izquierda 2 C, 6 H y 3 O; a la derecha 2 C, 6 H y 3 O.
3. Errata del solucionario oficial: escribe «$CH_3$-$CH_2$-OH + [O] → $CH_3$-COOH», que no está ajustada (le falta un [O] y el agua que se forma). La correcta es la de arriba.

**SOLUCIÓN** C es el **ácido etanoico** (acético), $CH_3-COOH$. Reacción de **oxidación** (redox).

### Apartado d)

1. Ácido + alcohol con catalizador ácido es una **esterificación**, una condensación que libera agua. Es un equilibrio.
2. $CH_3-COOH + CH_3-CH_2OH \overset{H^+}{\rightleftharpoons} CH_3-COO-CH_2-CH_3 + H_2O$. El nombre: *etanoato* (del ácido etanoico) *de etilo* (del etanol).
3. El solucionario rotula este producto como «Producto C»; es el D.

**SOLUCIÓN** D es el **etanoato de etilo** (acetato de etilo), $CH_3-COO-CH_2-CH_3$, más agua. Reacción de **esterificación** (condensación).

**Lo que puntúa.** Solucionario de la UPV/EHU: 0,50 por apartado, con ecuación, nombre y tipo; da «Hidratación», «Oxidación», «Oxidación» y «Esterificación» y acepta «Etanal (o acetaldehído)» y «Ácido etanoico (acético)». Criterios: «Se valorará fundamentalmente la coherencia del planteamiento, la aplicación de los conceptos y el razonamiento continuado hasta la consecución de las respuestas» y, en formulación, «la evaluación reflejará claramente si se ha utilizado la nomenclatura y formulación correcta».

**Error típico que te quita puntos.** Dejar sin ajustar la oxidación a ácido (como hace el solucionario) o dar el mismo producto en b) y c): el oxidante suave da el aldehído y el fuerte, el ácido. En d), olvidar el agua.

## 13 Ejercicio resuelto: eliminación o sustitución en el 2-bromobutano (Murcia 2025)

**PAU REGIÓN DE MURCIA 2025 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA (JULIO) · BLOQUE 5, CUESTIÓN 5A (A ELEGIR ENTRE 5A Y 5B; 2 PUNTOS)**

Considere la siguiente reacción. $CH_3$-$CH_2$-CHBr-$CH_3$ + NaOH →(Δ) [ $CH_3$-CH=CH-$CH_3$ + $CH_3$-$CH_2$-CH=$CH_2$ ] + NaBr + $H_2O$ (en el examen, A va debajo del reactivo orgánico, B1 debajo del primer alqueno y B2 debajo del segundo; Δ, sobre la flecha).

**a)** Indique qué tipo de reacción orgánica es. (0,25 puntos)

**b)** Nombre los compuestos A, B1 y B2. (0,45 puntos)

**c)** Los compuestos B1 y B2 son isómeros entre sí. Indique el tipo y subtipo de isomería que presentan. Indique también cuál de ellos se formará mayoritariamente. (0,30 puntos)

**d)** Explique brevemente si cada uno de los compuestos A, B1 y B2, puede presentar isomería espacial, y de qué tipo sería. (0,60 puntos)

**e)** Si la reacción de A con NaOH no tiene lugar en caliente, se forma un producto distinto, C, junto con NaBr y sin formación de H2O. Escriba la fórmula de C, e indique el tipo de reacción orgánica de que se trata. $CH_3$-$CH_2$-CHBr-$CH_3$ + NaOH → C + NaBr (0,40 puntos)

### Apartado a)

1. La idea: compara reactivo y productos. El derivado halogenado pierde H y Br de dos carbonos vecinos y aparece un doble enlace: es una **eliminación**.
2. Para cada alqueno, la ecuación ajustada es, por ejemplo, $CH_3-CH_2-CHBr-CH_3 + NaOH \xrightarrow{\text{calor}} CH_3-CH=CH-CH_3 + NaBr + H_2O$. El NaOH retira el H como agua y el Br sale como $Br^-$ (NaBr).

**SOLUCIÓN** **Eliminación** (deshidrohalogenación de un haloalcano).

### Apartado b)

1. A: cadena de 4 C con Br en el carbono 2 → **2-bromobutano**.
2. B1: doble enlace entre C2 y C3 → **but-2-eno**. B2: doble enlace entre C1 y C2 → **but-1-eno**.

**SOLUCIÓN** A: 2-bromobutano. B1: but-2-eno. B2: but-1-eno.

### Apartado c)

1. Los dos tienen fórmula $C_4H_8$ y la misma cadena; solo cambia el lugar del doble enlace: isomería **estructural de posición**.
2. El Br está en el carbono 2; el H puede salir del carbono 1 ($CH_3$, 3 H) o del 3 ($CH_2$, 2 H). Por la **regla de Saytzeff** sale del que tiene menos H, el 3, y se forma el alqueno más sustituido: B1, con dos carbonos unidos al doble enlace (B2 solo tiene uno).

**SOLUCIÓN** Isómeros estructurales de posición. Mayoritario: **B1 (but-2-eno)**, por la regla de Saytzeff.

### Apartado d)

1. A ($CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$): el carbono 2 está unido a cuatro grupos distintos (H, Br, $CH_3$ y $CH_2-CH_3$): es un **carbono quiral** y A tiene **isomería óptica** (dos enantiómeros). (La isomería espacial la tienes en el Tema 18.) No tiene geométrica: no hay doble enlace ni ciclo.
2. B1 ($CH_3-CH=CH-CH_3$): cada carbono del doble enlace lleva dos grupos distintos (H y $CH_3$): tiene **isomería geométrica** (cis-but-2-eno y trans-but-2-eno). No tiene carbono quiral.
3. B2 ($CH_3-CH_2-CH=CH_2$): el carbono 1 lleva dos H iguales, así que el «cis» y el «trans» serían la misma molécula: **no** tiene isomería geométrica, ni óptica.

**SOLUCIÓN** A: isomería óptica (un carbono quiral). B1: isomería geométrica cis/trans. B2: ninguna isomería espacial.

### Apartado e)

1. Sin calentar y sin que se forme agua, el $OH^-$ ocupa el lugar del Br: es una **sustitución**.
2. $CH_3-CH_2-CHBr-CH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3 + NaBr$. C es el butan-2-ol.

**SOLUCIÓN** C: $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3$ (**butan-2-ol**). Reacción de **sustitución**.

**Lo que puntúa.** El resuelto oficial de la Universidad de Murcia da: «Es una reacción de eliminación (deshidrohalogenación de haloalcanos)»; A 2-bromobutano, B1 «But-2-eno, o 2-buteno», B2 «But-1-eno, o 1-buteno»; «Son isómeros estructurales de posición. El mayoritario es B1»; A con carbono quiral, B1 con isomería geométrica y B2 sin ella; «C sería el CH3-CH2-CHOH-CH3 y se trata de una reacción de sustitución». Criterio general: «La falta de argumentación en las cuestiones, cuando el enunciado requiera una explicación de las respuestas, impedirá obtener la máxima calificación correspondiente».

**Error típico que te quita puntos.** Decir que el but-1-eno tiene isomería cis/trans (su carbono 1 lleva dos H) o que el but-2-eno tiene carbono quiral; y en e), volver a dar un alqueno: sin calor y sin agua es una sustitución.

## Conceptos clave

**Reacción de sustitución**

Un átomo o grupo de la molécula orgánica se reemplaza por otro sin que cambie el número de enlaces múltiples (halogenación de alcanos y del benceno, derivado halogenado + $OH^-$).

**Reacción de adición**

Un reactivo se une a los dos carbonos de un doble o triple enlace, que se rompe en parte (enlace π): hidrogenación, halogenación, adición de HX y de agua.

### Reacción de eliminación

Una molécula pierde dos átomos o grupos de carbonos vecinos (H y OH, H y X) y se forma un doble enlace: deshidratación de alcoholes y deshidrohalogenación.

### Reacción de condensación

Dos moléculas se unen por sus grupos funcionales liberando una molécula pequeña, normalmente agua: esterificación y formación de amidas.

### Esterificación

Condensación de un ácido carboxílico y un alcohol, catalizada por ácido, que da un éster y agua. Es un equilibrio.

### Hidrólisis

Rotura de un enlace (éster, amida) por reacción con agua; es la inversa de la condensación.

### Saponificación

Hidrólisis de un éster en medio básico (NaOH o KOH): da la sal del ácido y el alcohol. Con grasas produce jabones y glicerina.

### Oxidación (en orgánica)

Reacción en la que un carbono gana oxígeno o pierde hidrógeno: alcohol primario → aldehído → ácido; alcohol secundario → cetona.

### Reducción (en orgánica)

Reacción en la que un carbono gana hidrógeno o pierde oxígeno: aldehído → alcohol primario; cetona → alcohol secundario.

### Combustión

Oxidación total de un compuesto orgánico con oxígeno: el carbono pasa a $CO_2$ y el hidrógeno a $H_2O$.

### Regla de Markovnikov

En la adición de HX o de agua a un alqueno asimétrico, el H se une al carbono del doble enlace que tiene más H y el X u OH al que tiene menos.

### Regla de Saytzeff

En una eliminación, el H sale del carbono vecino que tiene menos H y se forma mayoritariamente el alqueno más sustituido.

### Monómero

Molécula pequeña que, al unirse muchas veces consigo misma o con otra, forma un polímero.

### Polímero

Macromolécula formada por la repetición de una unidad estructural que procede de los monómeros.

### Grado de polimerización

Número de unidades repetitivas de una cadena de polímero; es la masa molar del polímero dividida entre la de la unidad repetitiva.

### Polímero de adición

El que se forma por apertura de dobles enlaces de los monómeros, sin perder átomos: PE, PP, PVC, PS, PTFE.

### Polímero de condensación

El que se forma uniendo monómeros con dos grupos funcionales y liberando una molécula pequeña: poliésteres (PET) y poliamidas (nailon).

### Termoplástico

Polímero de cadenas no unidas covalentemente entre sí que se ablanda al calentar y puede volver a moldearse y reciclarse.

### Termoestable

Polímero con una red tridimensional de enlaces covalentes que no funde al calentar, sino que se descompone.

### Elastómero

Polímero que se deforma mucho al estirarlo y recupera su forma al soltarlo (caucho).

### Copolímero

Polímero que procede de más de una especie de monómero, con unidades distintas en la cadena (ABS, caucho SBR). El PET y el nailon 6,6 salen de dos monómeros, pero la IUPAC los considera homopolímeros: sus dos monómeros equivalen a un «monómero implícito» y la cadena repite una sola unidad.

### Microplásticos

Fragmentos de plástico muy pequeños que resultan de la degradación de los plásticos y se acumulan en el agua, el suelo y los seres vivos.

MODO PAU

## Siete claves que valen puntos

### Fórmula y nombre

Escribe **cada** compuesto orgánico en semidesarrollada y con su nombre: casi todas las comisiones lo puntúan aparte (Navarra resta un 25 % del apartado por nomenclatura incorrecta).

### El tipo, siempre

**Sustitución, adición, eliminación, condensación (esterificación), redox o combustión**. Es la parte que más se olvida.

### Mayoritario y regla

Si hay dos productos, di cuál es el **mayoritario** y nombra la regla: **Markovnikov** en adiciones de HX o agua, **Saytzeff** en eliminaciones.

### Ecuación ajustada

Incluye lo que sale: $H_2O$ en deshidrataciones, oxidaciones y esterificaciones; NaBr, KBr o HBr cuando se pierde un halógeno. En combustiones, ajusta C, después H y por último O.

### Las condiciones mandan

$H_2SO_4$ concentrado y calor: eliminación. KOH en etanol y calor: eliminación. NaOH en agua: sustitución. Agua con $H^+$: adición.

### Escalera redox

Alcohol 1.º → aldehído → ácido; 2.º → cetona; 3.º no se oxida. La reducción baja la escalera y **nunca** da un ácido.

### Polímeros

**Adición**: la unidad repetitiva tiene los átomos del monómero. **Condensación**: sale agua y hay grupos éster o amida en la cadena. Da la **sigla** (PE, PP, PVC, PS, PET).

## Cómo te lo pueden preguntar

- Completar reacciones orgánicas (formular y nombrar los productos) y decir de qué tipo son: las reacciones orgánicas salen en 50 de las 68 convocatorias de 2025 y 2026, en 15 comunidades.
- Dar el producto mayoritario de una adición de HX o de agua (Markovnikov) o de una deshidratación (Saytzeff), con la regla: forma parte de esas 50; lo han pedido de forma expresa Madrid, Murcia, Cantabria y País Vasco, y también Andalucía (reserva de 2026) y el modelo 2027 de Extremadura.
- Secuencias de dos o tres pasos (alcohol → aldehído → ácido → éster; alqueno → alcohol; alcohol → alqueno → derivado halogenado): también dentro de esas 50, por ejemplo en Madrid y País Vasco 2026.
- Verdadero o falso justificado con la reacción (La Rioja, Madrid) y «ponga un ejemplo de» un tipo de reacción (La Rioja, Navarra): dentro de esas 50.
- Combustión ajustada de un hidrocarburo o un alcohol, a veces unida al calor de combustión del Tema 8: dentro de esas 50.
- Polímeros (escribir la polimerización, nombrar monómero y polímero, decir si es de adición o de condensación, clasificar, reciclado): 8 de las 68 convocatorias, en 5 comunidades (Asturias, Castilla y León, Cataluña, Madrid y Navarra).
- Contando reacciones y polímeros, el tema sale en 53 de las 68 convocatorias, en 15 comunidades.

## No lo confundas

- Hidrogenar un alqueno (adición) con hidrogenar un aldehído o una cetona (reducción): las dos suman $H_2$, pero se nombran distinto.
- La oxidación de un aldehído (da el ácido) con su reducción (da el alcohol primario).
- Derivado halogenado + $OH^-$ en agua (sustitución: alcohol) con KOH en etanol y calor (eliminación: alqueno).
- La deshidratación del etanol da eteno (doble enlace), no etino (triple).
- Markovnikov (adición: el H va al carbono con más H) con Saytzeff (eliminación: el H sale del carbono con menos H). En las dos, el X u OH (Markovnikov) o el doble enlace (Saytzeff) acaban en el carbono más sustituido.
- Esterificación (ácido + alcohol, reversible) con saponificación (éster + NaOH, completa, da una sal) y con neutralización (ácido + NaOH, sin éster).
- Propanoato de etilo (del ácido propanoico y el etanol) con etanoato de propilo (del ácido etanoico y el propan-1-ol): son isómeros, pero salen de reactivos distintos.
- Polímero de adición (la unidad repetitiva tiene la misma fórmula que el monómero) con el de condensación (se pierde agua; hay O o N en la cadena).
- Termoplástico (cadenas sueltas: se funde y se recicla) con termoestable (red covalente: no funde).

## Ponte a prueba

**PAU Canarias 2026 (extraordinaria), Pregunta 3B** (a elegir entre 3A y 3B; 2 puntos). Como sistema defensivo las algas rojas se han especializado en elaborar compuestos halogenados con estructuras similares a la que se indica: CH3 – CH(Br) – CH2 – CHOH – CH2 - CH3. a) Indique si dicho compuesto posee carbonos quirales. Señálelos con (*). b) Escriba y nombre el compuesto orgánico que se obtiene cuando se hace reaccionar este compuesto con K2Cr2O7 o KMnO4. Señale además el tipo de reacción. c) Si ese compuesto por reacción da lugar a la formación de un doble enlace entre los carbonos C-2 y C-3, más una molécula de H2O, ¿de qué tipo de reacción se trata? Escriba la reacción. d) Nombre o formule los siguientes compuestos: d.1) $CH_3$-CH(Cl)-CH(Br)-$CH_2$-CHO; d.2) $CH_3$-CH(OH)-$CH_2$OH; d.3) Etanoato de sodio; d.4) 2,4-dimetil-3-pentanona - -[2,4-dimetil-pentan-3-ona]; d.5) N-etil-N-metilpentanamida. Puntuación máxima por apartado: a) 0,3 puntos; b) 0,6 puntos; c) 0,6 puntos; d) 0,5 puntos.

**Solución:** El compuesto es el **5-bromohexan-3-ol** (se numera desde el extremo más cercano al OH). **a)** Tiene **dos carbonos quirales**: el C3 (unido a H, OH, $CH_2{-}CH_3$ y $CH_2{-}CHBr{-}CH_3$) y el C5 (unido a H, Br, $CH_3$ y $CH_2{-}CHOH{-}CH_2{-}CH_3$); se marcan con asterisco. **b)** Es un alcohol secundario: el dicromato o el permanganato lo **oxidan** a cetona: $CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_3 + [O] \longrightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CO{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O$, la **5-bromohexan-3-ona**; reacción redox (oxidación). **c)** Pierde el OH del C3 y un H del C2 (numeración del nombre): **eliminación** (deshidratación), $CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_3 + H_2O$; el producto es el **5-bromohex-2-eno**. **d)** d.1) 3-bromo-4-cloropentanal; d.2) propano-1,2-diol; d.3) $CH_3{-}COONa$; d.4) $CH_3{-}CH(CH_3){-}CO{-}CH(CH_3){-}CH_3$; d.5) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CO{-}N(CH_3){-}CH_2{-}CH_3$. Coincide con la solución oficial («5-Bromohexan-3-ona», «reacción de oxidación-reducción (redox)», «reacción de eliminación»). En Canarias da **un solo nombre** por compuesto: si das dos, solo cuenta el primero.

**PAU Castilla-La Mancha 2025 (extraordinaria), Pregunta 1, Ejercicio B** (a elegir entre los ejercicios A y B; 2,5 puntos). Indique que tipo de reacción orgánica tiene lugar en cada uno de siguientes procesos. Responda a la pregunta en el cuadernillo. a) (0,5 puntos) CH3-CH2-CHO → CH3-CH2-CH2OH; b) (0,5 puntos) CH3-CH2-CH2OH → CH3-CH=CH2; c) (0,5 puntos) CH3-CH=CH2 → CH3-CH2-CH2-Br; d) (0,5 puntos) CH3-CH2-COOH + CH3-CH2-CH2OH → CH3-CH2-COO-CH2-CH2-CH3; e) (0,5 puntos) CH3-CH2-CH2OH → CH3-CH2-CHO.

**Solución: a) Reducción**: el propanal gana dos H y pasa a propan-1-ol ($CH_3{-}CH_2{-}CHO + H_2 \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH$, con Ni o con $LiAlH_4$). **b) Eliminación** (deshidratación): el propan-1-ol pierde agua y da propeno ($CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_3{-}CH{=}CH_2 + H_2O$). **c) Adición** de HBr al doble enlace: $CH_3{-}CH{=}CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}Br$. Ojo: con HBr solo, por Markovnikov el mayoritario sería el 2-bromopropano; el 1-bromopropano del enunciado es el producto anti-Markovnikov (HBr con peróxidos). Lo que se pide es el tipo, y es adición. **d) Esterificación** (condensación): da propanoato de propilo y agua, $CH_3{-}CH_2{-}COOH + CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH \rightleftharpoons CH_3{-}CH_2{-}COO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O$. **e) Oxidación**: el propan-1-ol pierde dos H y pasa a propanal ($CH_3{-}CH_2{-}CH_2OH + [O] \longrightarrow CH_3{-}CH_2{-}CHO + H_2O$). La solución oficial da exactamente esos cinco tipos, 0,5 puntos cada uno.

**PAU Navarra 2025 (extraordinaria), Bloque 4, opción 4B** (a elegir entre 4A y 4B; 2 puntos). Ponga un ejemplo de las siguientes reacciones orgánicas, utilizando los reactivos necesarios para que tengan lugar, nombrando y formulando todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que intervienen en las misma: i) Adición en la que tenga que aplicarse la regla de Markovnikov (0,50 ptos.). ii) Sustitución electrófila aromática (0,50 ptos.). iii) Reacción de condensación (0,50 ptos.). iv) Reacción de polimerización (0,50 ptos.).

**Solución:** Hay muchas respuestas válidas; por ejemplo: **i)** propeno + bromuro de hidrógeno: $CH_2{=}CH{-}CH_3 + HBr \longrightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_3$, **2-bromopropano** (mayoritario: el Br va al carbono con menos H; el 1-bromopropano es minoritario). **ii)** Bromación del benceno con tribromuro de hierro como catalizador: $C_6H_6 + Br_2 \xrightarrow{FeBr_3} C_6H_5Br + HBr$, **bromobenceno** y bromuro de hidrógeno (o la nitración: $C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$, nitrobenceno y agua). **iii)** Esterificación: $CH_3{-}COOH + CH_3{-}CH_2OH \rightleftharpoons CH_3{-}COO{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O$, ácido etanoico + etanol → **etanoato de etilo** + agua. **iv)** Polimerización por adición del eteno: $n\,CH_2{=}CH_2 \longrightarrow [-CH_2{-}CH_2-]_n$, **polietileno** (PE). Navarra no publica soluciones; su guía da el 25 % del apartado al uso correcto de la formulación y las unidades, y otro fallo de justificación quita al menos un 25 %: nombra también los inorgánicos (bromo, bromuro de hidrógeno, agua).

## Fuentes


1. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato (Química, bloque C: reactividad orgánica y polímeros)
2. PAU Madrid 2026, ordinaria: examen, criterios y soluciones
3. PAU País Vasco 2026, extraordinaria: examen
4. PAU País Vasco 2026, extraordinaria: solucionario y criterios
5. PAU Región de Murcia 2025, extraordinaria (julio): examen resuelto
6. PAU Canarias 2026, extraordinaria: examen
7. PAU Canarias 2026, extraordinaria: prueba resuelta
8. PAU Castilla-La Mancha 2025, extraordinaria: examen
9. PAU Castilla-La Mancha 2025, extraordinaria: criterios y soluciones
10. PAU Navarra 2025, extraordinaria: examen
11. PAU Navarra 2025, ordinaria: examen
12. PAU Madrid 2025, extraordinaria: examen, criterios y soluciones
13. PAU Madrid 2025, modelo: examen, criterios y soluciones
14. PAU Madrid 2025, reserva 1: examen, criterios y soluciones
15. PAU La Rioja 2025, ordinaria: examen y criterios
16. PAU Andalucía 2026, reserva 2: examen
17. PAU Cantabria 2026, ordinaria: examen
18. Andalucía: Directrices y orientaciones generales para la PAU, Química, curso 2026-27
19. Universidad de Oviedo: Información sobre la PAU 2025/2026, Química (ficha de la materia)
20. Canarias: acta de la 2.ª reunión de coordinación de Química, 20-03-2026 · curso 2025-26
21. Cataluña: Orientacions per a l'examen de la matèria Química de les PAU-2027 (versión de 12-11-2026)
22. Comunitat Valenciana: Matizaciones de la Comisión de Química sobre el programa (vigentes en 2026-27)
23. Junta de Castilla y León: Guía de calificación de Química, PAU 2027 (23-10-2026; mismo contenido que la de 2026) (matriz de especificación)
24. Castilla-La Mancha: Orientaciones Crue de las materias de acceso, curso 2025/2026 (Química)
25. Extremadura: Química, Criterios Generales de Evaluación, PAU 2026-2027 (UEx)
26. Galicia: CiUG, Química, Orientacións curso 2026/2027
27. Madrid: Ámbito de contenidos de Química para la PAU, curso 2026-2027, con el modelo 2027 (versión corregida publicada por la UAM, 6-11-2026)
28. Universidad de Murcia: Orientación sobre los contenidos del examen de Química (PAU 2027)
29. Universidad de Murcia: Química Orgánica, teoría PAU
30. IUPAC Gold Book: Markownikoff rule
31. IUPAC Gold Book: Saytzeff rule
32. IUPAC, Glossary of basic terms in polymer science (Recommendations 1996), definiciones 2.4 (homopolímero) y 2.5 (copolímero)
33. PAU Madrid 2026, modelo: examen, criterios y soluciones
34. PAU La Rioja 2026, modelo: examen y solución
35. PAU Cantabria 2026, ordinaria: criterios de corrección
36. PAU País Vasco 2025, ordinaria: examen
37. Decisión 97/129/CE de la Comisión, de 28 de enero de 1997, por la que se establece el sistema de identificación de materiales de envase
38. Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular


**Imágenes:** Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib/RDKit). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib/RDKit). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib/RDKit). · Farmeando PAU: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib/RDKit).


Apuntes de Farmeando PAU · farmeandopau.com · Revisados frente a fuentes. Última revisión: 15 de noviembre de 2026. Licencia CC BY-NC-ND 4.0: puedes copiarlo y compartirlo citándonos, sin uso comercial ni cambios (las imágenes, con su propia licencia). ¿Un error? Avísanos desde la página del tema. Cómo los hacemos: farmeandopau.com/metodologia.