QUÍMICA SELECTIVIDAD PAU ANDALUCÍA

10 Problemas Estrella Resueltos: Química Orgánica, Reactividad y Estructura Atómica

Dirección Pedagógica: D. José Garcés Ávila (Ingeniero Mecánico • Academia MJ)

ESTÁNDAR DE EXCELENCIA TÉCNICA (PAU ANDALUCÍA):
Este compendio recoge los 10 ejercicios oficiales más representativos de **Química Orgánica, Isomería, Estructura Atómica y Periodicidad** en las convocatorias de Selectividad de Andalucía (2020-2026). Incluye reglas de Markovnikov y Saytzeff, números cuánticos, Pauli, Hund y justificación analítica de propiedades periódicas.

■ LOS 4 MANDAMIENTOS TÉCNICOS EN ORGÁNICA Y ESTRUCTURA ATÓMICA:
1. Regla de Markovnikov: En adiciones a dobles enlaces, el H se une al carbono más hidrogenado (carbocatión más estable).
2. Regla de Saytzeff: En eliminaciones, el H se extrae del carbono vecino menos hidrogenado (alqueno más sustituido).
3. Números cuánticos: l < n ; |m_l| ≤ l ; m_s = ±1/2. Justificar cualquier incompatibilidad citando la restricción.
4. Propiedades periódicas: Razonar en base a capas cuánticas n, carga nuclear Z y carga nuclear efectiva Z_eff (Z - S).

EJERCICIO OFICIAL #1: ISOMERÍA ESTRUCTURAL, CIS/TRANS Y ÓPTICA EN DERIVADOS DE BUTENO (C■H■ Y C■H■■O)

Enunciado: *Para la fórmula C■H■: a) Nombre los isómeros de cadena y de posición. b) Justifique cuál presenta isomería cis/trans y dibuje ambos estereoisómeros. c) Modifique un H por -OH en C■H■■O para obtener un isómero óptico e identifique el carbono asimétrico.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Isómeros lineales y ramificados de C■H■:
• But-1-eno: CH■=CH-CH■-CH■ (posición). • But-2-eno: CH■-CH=CH-CH■ (posición).
• 2-Metilpropeno: CH■=C(CH■)-CH■ (cadena).

b) Isomería geométrica cis/trans:
Solo el **but-2-eno** presenta isomería cis/trans porque cada carbono sp² posee dos sustituyentes distintos (-CH■ y -H):
• *cis-but-2-eno*: ambos -CH■ en el mismo lado. • *trans-but-2-eno*: -CH■ en lados opuestos (más estable).

c) Isomería óptica en C■H■■O:
El compuesto es el **butan-2-ol: CH■-C*H(OH)-CH■-CH■**.
El carbono 2 (C*) es asimétrico/quiral por estar unido a 4 grupos distintos: -H, -OH, -CH■ y -CH■-CH■.

■■ La Trampa de la Ponencia: El but-1-eno no tiene isomería cis/trans porque su C1 tiene dos hidrógenos idénticos. CADA carbono del doble enlace debe tener sustituyentes distintos.

EJERCICIO OFICIAL #2: REACCIONES DE ADICIÓN A ALQUENOS Y REGLA DE MARKOVNIKOV

Enunciado: *Complete indicando el tipo de reacción y producto mayoritario: a) Prop-1-eno + HBr. b) Prop-1-eno + H■O en medio ácido H■SO■. c) But-2-eno + Br■ en CC/■.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Prop-1-eno + HBr (Adición electrófila):
Por la **Regla de Markovnikov**, el protón H■ se une al carbono con más hidrógenos (C1) generando el carbocatión secundario más estable:
CH■-CH=CH■ + HBr ➔ **CH■-CH(Br)-CH■ (2-bromopropano, mayoritario)**.

b) Prop-1-eno + H■O/H■ (Hidratación electrófila):
Siguiendo la regla de Markovnikov, el grupo -OH se une al carbono 2:
CH■-CH=CH■ + H■O ➔ **CH■-CH(OH)-CH■ (propan-2-ol, mayoritario)**.

c) But-2-eno + Br■ (Halogenación / Adición simétrica):
CH■-CH=CH-CH■ + Br■ ➔ **CH■-CH(Br)-CH(Br)-CH■ (2,3-dibromobutano)**.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** Enunciar la justificación mecanicista de Markovnikov: la reacción transcurre vía el carbocatión más sustituido y más estable (secundario frente a primario).

EJERCICIO OFICIAL #3: REACCIONES DE ELIMINACIÓN Y REGLA DE SAYTZEFF (DESHIDRATACIÓN)

Enunciado: *Al calentar butan-2-ol con H■SO■ concentrado a 180 °C se deshidrata: a) Indique el tipo de reacción. b) Escriba los alquenos posibles. c) Justifique el producto mayoritario según Saytzeff.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Tipo de reacción: Eliminación (deshidratación de alcohol catalizada por ácido, con pérdida de H■O).

b) Alquenos posibles:
• But-1-eno: CH■-CH■-CH=CH■ (eliminación con C1).
• But-2-eno: CH■-CH=CH-CH■ (eliminación con C3).

c) Producto mayoritario (Regla de Saytzeff):
El H se extrae preferentemente del carbono vecino que tiene menos átomos de hidrógeno (el C3 con 2 H frente al C1 con 3 H).
Producto mayoritario: But-2-eno (CH■-CH=CH-CH■), por ser el alqueno más sustituido y termodinámicamente más estable.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** Nombrar la regla de Saytzeff y señalar que los alquenos más sustituidos poseen mayor estabilidad termodinámica por hiperconjugación.

EJERCICIO OFICIAL #4: REACCIONES DE SUSTITUCIÓN NUCLEÓFILA Y RADICALARIA

Enunciado: *Complete e identifique el mecanismo: a) CH■ + Cl■ con luz ultravioleta. b) 1-Cloropropano + NaOH acuoso. c) Bromoetano + KCN.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Metano + Cl■ con luz UV (Sustitución radicalaria):
La luz rompe homolíticamente el Cl■ generando radicales Cl• que sustituyen al H:
CH■ + Cl■ ➔ **CH■Cl + HCl (Clorometano + cloruro de hidrógeno)**.

b) 1-Cloropropano + NaOH(aq) (Sustitución nucleófila SN2):
El nucleófilo OH■ sustituye al halógeno en disolución acuosa:
CH■-CH■-CH■Cl + NaOH ➔ **CH■-CH■-CH■OH + NaCl (Propan-1-ol)**.

c) Bromoetano + KCN (Sustitución nucleófila):
El anión cianuro desplaza al bromuro alargando la cadena carbonada:
CH■-CH■Br + KCN ➔ **CH■-CH■-CN + KBr (Propanonitrilo)**.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** Distinguir NaOH acuoso diluido (sustitución nucleófila a alcohol) de NaOH en etanol caliente (eliminación a alqueno).

EJERCICIO OFICIAL #5: REACCIONES DE CONDENSACIÓN: ESTERIFICACIÓN DE FISCHER Y SAPONIFICACIÓN

Enunciado: *Escriba reactivos y productos: a) Ácido etanoico + etanol con H■SO■. b) Ácido propanoico + metilamina en caliente. c) Saponificación de acetato de etilo con NaOH.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Esterificación de Fischer (Condensación ácido + alcohol):
CH■-COOH + CH■-CH■OH ■ **CH■-COO-CH■-CH■ + H■O (Etanoato de etilo + agua)**.
Reacción reversible en equilibrio catalizada por ácido.

b) Formación de amida (Condensación ácido + amina):
CH■-CH■-COOH + CH■-NH■ ➔ **CH■-CH■-CO-NH-CH■ + H■O (N-metilpropanamida + agua)**.

c) Saponificación (Hidrólisis básica irreversible):
CH■-COO-CH■-CH■ + NaOH ➔ **CH■-COONa + CH■-CH■OH (Acetato de sodio + etanol)**.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** La esterificación con ácido es un equilibrio reversible (■); la saponificación con NaOH es irreversible (➔).

EJERCICIO OFICIAL #6: OXIDACIÓN ESCALONADA DE ALCOHOLES (PRIMARIOS, SECUNDARIOS Y TERCIARIOS)

Enunciado: *Se oxidan con K■Cr■O■/H■ tres isómeros C■H■■O: A: Butan-1-ol, B: Butan-2-ol, C: 2-Metilpropan-2-ol. a) Indique los productos. b) Justifique por qué C no se oxida. c) ¿Cómo se distingue un aldehído de una cetona?*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Productos de oxidación según tipo de alcohol:

• Compuesto A (Primario): Butan-1-ol ➔ **Butanal (aldehído)** ➔ **Ácido butanoico**.

• Compuesto B (Secundario): Butan-2-ol ➔ **Butan-2-ona (cetona)**.

• Compuesto C (Terciario): 2-Metilpropan-2-ol ➔ **No se oxida**.

b) Justificación de resistencia del alcohol terciario:

El carbono que sustenta el grupo -OH no posee ningún átomo de hidrógeno unido a él; no puede formarse el doble enlace C=O sin romper enlaces C-C.

c) Diferenciación de aldehídos y cetonas en laboratorio:

Se emplea el **Reactivo de Tollens** (forma espejo de plata con aldehídos) o **Fehling** (precipitado rojo Cu■O). Las cetonas dan negativo.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** El alcohol primario se oxida a aldehído y luego a ácido carboxílico; el secundario solo a cetona. El terciario no tiene H sobre el carbono carbinol.

EJERCICIO OFICIAL #7: POLÍMEROS DE ADICIÓN (PVC) Y CONDENSACIÓN (NAILON-6,6)

Enunciado: *Defina polímero y monómero: a) Policloruro de vinilo (PVC) a partir de cloroeteno. b) Nailon-6,6 a partir de ácido hexanodioico y hexano-1,6-diamina. c) Clasifique y justifique si se desprenden moléculas pequeñas.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Policloruro de vinilo (PVC) — Polímero de Adición:

Monómero: Cloroeteno (CH■=CH-Cl). Apertura del doble enlace sin pérdida de átomos:

n (CH■=CH-Cl) ➔ **-[CH■-CH(Cl)]-_n**. No se desprende ninguna molécula auxiliar.

b) Nailon-6,6 — Polímero de Condensación:

Ácido adípico + Hexametilendiamina ➔ Poliamida con enlace amida:

n HOOC-(CH■)■-COOH + n H■N-(CH■)■-NH■ ➔ **-[CO-(CH■)■-CO-NH-(CH■)■-NH]-_n + (2n-1) H■O**.

c) Clasificación comparativa:

En la **adición** la masa del polímero es múltiplo exacto del monómero; en la **condensación** se elimina agua en cada unión.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** La clave diferenciadora es el desprendimiento de moléculas de bajo peso molecular (agua) en los polímeros de condensación.

EJERCICIO OFICIAL #8: NÚMEROS CUÁNTICOS, COMBINACIONES PERMITIDAS, PAULI Y HUND

Enunciado: *Analice la validez de los conjuntos (n, l, m_l, m_s): 1) (3, 2, -1, +1/2) 2) (2, 2, 0, -1/2) 3) (4, 0, 0, -1/2) 4) (3, 1, +2, +1/2). Indique orbitales válidos y enuncie Pauli y Hund.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Validez de los conjuntos cuánticos:

• 1) (3, 2, -1, +1/2): **VÁLIDO** (Orbital 3d). Cumple l < n y |m_l| ≤ l.
• 2) (2, 2, 0, -1/2): **NO VÁLIDO**. Si n=2, el valor máximo de l es n-1 = 1 (no existe orbital 2d).
• 3) (4, 0, 0, -1/2): **VÁLIDO** (Orbital 4s).
• 4) (3, 1, +2, +1/2): **NO VÁLIDO**. Si l=1, m_l solo puede tomar valores -1, 0, +1 (no +2).

b) Principio de Exclusión de Pauli:

Dos electrones en un mismo átomo no pueden tener los 4 números cuánticos iguales. En un orbital caben como máximo dos electrones con espines opuestos (±1/2).

c) Regla de Hund (Máxima multiplicidad):

Al llenar orbitales de la misma energía (degenerados), los electrones se sitúan ocupando el mayor número de orbitales con espines paralelos.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** Justificar formalmente la infracción: en el conjunto 2) l no puede igualar a n; en el conjunto 4) m_l excede el rango [-l, +l].

EJERCICIO OFICIAL #9: CONFIGURACIÓN ELECTRÓNICA, POSICIÓN PERIÓDICA E IONES ESTABLES (Z=16 Y Z=20)

Enunciado: *Para los elementos con Z = 16 y Z = 20: a) Escriba su configuración en estado fundamental. b) Indique periodo, grupo y familia. c) Indique el ión monoatómico más estable justificando el octeto.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Configuraciones electrónicas (Aufbau):

• Z = 16 (S): $1s^2\ 2s^2\ 2p^■\ 3s^2\ 3p^■$ ➔ [Ne] $3s^2\ 3p^■$.
• Z = 20 (Ca): $1s^2\ 2s^2\ 2p^■\ 3s^2\ 3p^■\ 4s^2$ ➔ [Ar] $4s^2$.

b) Posición en la Tabla Periódica:

• Z = 16: Periodo 3, **Grupo 16 (Calcógenos / Anfígenos)** por tener 6 e■ de valencia ($s^2p^■$).
• Z = 20: Periodo 4, **Grupo 2 (Metales Alcalinotérreos)** por tener 2 e■ de valencia (s^2).

c) Iones monoatómicos más estables (Regla del octeto):

• El azufre capta 2 e■ para completar su octeto ➔ **$S^{2■}$: [Ar] (anión sulfuro)**.
• El calcio cede 2 e■ de su capa 4s ➔ **$Ca^{2■}$: [Ar] (catión calcio)**.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** Usar la numeración oficial IUPAC de grupos del 1 al 18 (Grupo 16 y Grupo 2), descartando la nomenclatura obsoleta VI-A o II-A.

EJERCICIO OFICIAL #10: JUSTIFICACIÓN ANALÍTICA DE PROPIEDADES PERIÓDICAS (LI, BE, NA: Z_EFF Y RADIO)

Enunciado: *Para Li (Z=3), Be (Z=4) y Na (Z=11): a) Compare el radio de Li frente a Be. b) Compare el radio de Li frente a Na. c) Justifique cuál posee mayor energía de ionización.*

Resolución Oficial Paso a Paso:

a) Radio atómico de Li frente a Be (Mismo periodo, n = 2):
Ambos tienen electrones en el nivel n=2 con igual apantallamiento interno ($1s^2$). Al tener el Be mayor carga nuclear (Z=4 frente a Z=3), su carga nuclear efectiva es mayor: **Z_eff(Be) > Z_eff(Li)**.
La mayor atracción nuclear contrae la nube: **r(Li) > r(Be)**.

b) Radio atómico de Li frente a Na (Mismo grupo 1):
El Na tiene su electrón de valencia en un nivel superior (n=3 frente a n=2 del Li) y sufre el apantallamiento de 10 electrones internos. El aumento de capas predomina sobre Z: **r(Na) > r(Li)**.

c) Primera Energía de Ionización (E_I):
A menor radio y mayor atracción nuclear efectiva Z_eff, más difícil es arrancar el electrón:
• En el periodo: E_I(Be) > E_I(Li). • En el grupo: E_I(Li) > E_I(Na).
Mayor energía de ionización global: **E_I(Be) > E_I(Li) > E_I(Na)**.

■■ **La Trampa de la Ponencia:** Prohibido decir 'porque está a la derecha en la tabla'. Se debe razonar con carga nuclear Z, apantallamiento S y carga efectiva Z_eff.

CONCEPTO / REGLA	ENUNCIADO / EXPRESIÓN CLAVE	OBSERVACIONES DE EXAMEN
Regla de Markovnikov	H se une al C más hidrogenado	Vía carbocatión intermediario más estable
Regla de Saytzeff	H se elimina del C menos hidrogenado	Forma el alqueno más sustituido y estable
Isomería Geométrica	Cis (mismo lado) / Trans (lados opuestos)	Requiere sustituyentes distintos en cada C sp^2
Isomería Óptica	Carbono asimétrico / quiral (C*)	Unido a 4 sustituyentes diferentes entre sí
Carga Efectiva Z_eff	Z_eff = Z - S (apantallamiento)	Justifica radio, E_I y electronegatividad

DIRECCIÓN PEDAGÓGICA Y CRITERIOS OFICIALES: D. JOSÉ GARCÉS ÁVILA
Ingeniero Mecánico • Director Pedagógico de Academia MJ.
Preparación presencial de grupos reducidos en Santa Fe (Granada) e intensivos PAU Andalucía.
Canal Oficial de WhatsApp: +34 679 71 06 64 • Web: academia-santafe.es