

TQ66-Orgánica8

ISOMERÍA ORGÁNICA 4. ESTEREOISOMERÍAS. ISOMERÍA ÓPTICA

10.141. Pasteur, en 1860, publica un trabajo: "Investigaciones sobre la disimetría molecular de los productos orgánicos naturales", en el que explica que la actividad óptica de ciertas moléculas orgánicas, que había sido descubierta por Biot en 1815, se debía a la asimetría molecular de dichas moléculas, y esta asimetría se caracterizaba por que en el espejo formaba imágenes no superponibles, y al carbono que producía esta asimetría se le llamó carbono asimétrico. Ya en 1848 Pasteur, para explicar las propiedades ópticas de los ácidos tartáricos, supuso una estructura espacial con base en un tetraedro irregular, para justificar la asimetría a la que atribuía dichas propiedades, separándolos en dextrógiros (*d o +*) y levógiros (*l o -*) según desviaran la luz polarizada a derecha o a izquierda. Sin embargo podría ocurrir que con 2 o más carbonos asimétricos, no tuviera isomería óptica por compensación interna de las desviaciones, al formarse planos de simetría. Como ocurre con el ácido tartárico o 2,3-dihidroxibutanodioico, que debería tener un número de carbonos asimétricos (unidos a 4 átomos o grupos diferentes de:

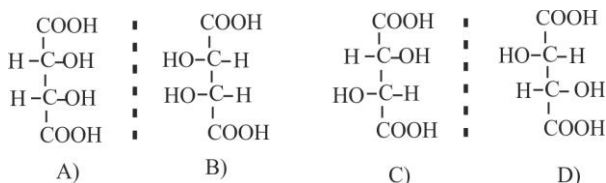
- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4

Y dado que el número de isómeros ópticos depende de ellos, (2^n , siendo n el número de carbonos asimétricos), debería tener un número de isómeros ópticos de:

- a) 3 b) 4 c) 9 d) 6

SOLUCIÓN:

El ácido tartárico tiene 2 carbonos asimétricos, pero según la situación de los grupos OH e H, de los carbonos asimétricos puede producirse un plano de simetría con lo cual la molécula sería simétrica, respecto a un plano entre los carbonos asimétricos, como ocurre en el A. Esta estructura no tendría actividad óptica, frente a la C (+) tartárico, y su imagen especular (enantiómeros) la D. En total tendría 4 isómeros ópticos-1 sin actividad óptica=3, como se propone en a.



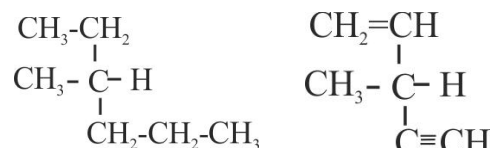
10.142. El 22 de diciembre de 1874, Vant'Hoff, había publicado una breve reseña de doce páginas en holandés, que le sirvió como tesis doctoral titulada "Propuesta para la proyección en el espacio de fórmulas ahora en uso en la química", que pasó desapercibida en el mundo científico aunque fuera calificada con "suma cum laude"; tenía 22 años. En el documento del año siguiente, en francés, dice: "Esta teoría está de acuerdo con los hechos (viendo el número de isómeros predichos), si se consideran las afinidades del carbono dirigidas hacia los vértices de un tetraedro, en el que el carbono está en su centro... cuando las cuatro afinidades del carbono están satisfechas por cuatro grupos univalentes diferentes, se producen dos o más tetraedros diferentes, uno de los cuales es imagen del otro, no siendo superponibles". Aquí estaba la clave de la llamada isomería óptica, la existencia de carbonos asimétricos para justificar las imágenes especulares. Un carbono asimétrico debería tener sus afinidades (ahora serían valencias), unidas a 4 elementos o grupos diferentes. El hidrocarburo saturado no cíclico de menor masa molecular capaz de producir isómeros ópticos sería el:

- a) 2-metilhexano b) 2-metilpentano c) 3-metilhexano d) 3-metilpentano

- a) 3-metil-1-penten-4-ino b) 3-metil-1,4-pentadieno
- c) 3-metil-4-penten-1-ino d) 2-metil-1,4-pentadieno

SOLUCIÓN:

Como se aprecia en el dibujo en el caso de ser saturado, para que tenga un carbono asimétrico, o sea unido a H y C formando grupos diferentes, necesita tener como mínimo 7 carbonos, y sería el 3-metilhexano, como se sugiere en a, ahora bien en el caso de ser insaturado, se pueden formar grupos con menos masa molecular, como en el caso dado, y sería el 3-metil-1-penten-4-ino, como se expone en también en a.



10.143*. Al mes de la aparición del trabajo de van't Hoff, Joseph Le Bel, ayudante de Wurtz en París, expresó la misma argumentación para justificar la actividad óptica, agregando la posibilidad de la compensación interna (forma meso), para el caso de su carencia, por existir un plano de simetría. Por eso el ácido tartárico 2,3-dihidroxibutanodioico, puede que no tenga actividad óptica, pese a poseer 2 carbonos asimétricos porque:

- Tiene un plano de simetría
- Un carbono asimétrico es dextrógiro y el otro levógiro, por igual
- Existe una mezcla del dextrógiro y del levógiro
- Tienen asimetría molecular

SOLUCIÓN:

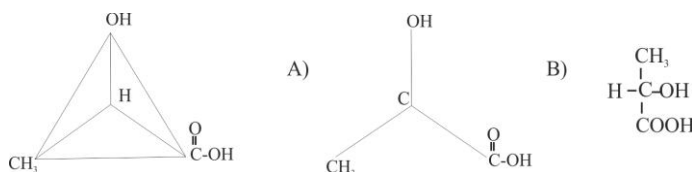
Esta expuesto en el test 10.141, para la forma A) del ácido tartárico, por poseer un plano de simetría, siendo un carbono dextrógiro (el 2), y otro levógiro (el 3), y compensando las desviaciones. Son correctas las propuestas a y b.

10.144. Cuando se obtiene un 50% de isómero dextrógiro y otro 50% del levógiro, en la mayoría de los procesos la mezcla no tendrá actividad óptica porque se compensan las desviaciones (compensación externa), y se denominó racémica, ya que se descubrió en el tártaro del vino, cuando viajaba Pasteur por la región vinícola de Baviera. Por este motivo cuando se obtuvo el ácido 2-hidroxiopropanoico se encontró que no tenía actividad óptica porque:

- Se había obtenido una mezcla racémica
- Había dos carbonos asimétricos que compensaban sus desviaciones
- Se había obtenido una forma meso
- No había asimetría molecular

SOLUCIÓN:

El ácido láctico como se aprecia en la figura tiene un carbono asimétrico, y por lo tanto debería tener actividad óptica. Por lo tanto si no la tenía era que porque se había obtenido una mezcla racémica, como se propone en a.

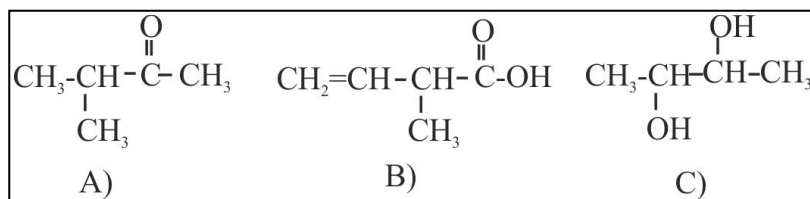


10.145. Cuando en una molécula hay dos carbonos asimétricos puede ocurrir que en las diferentes configuraciones desvíen de forma opuesta pero diferente la luz polarizada. Cuando esto ocurre se dice que son:

- Enantiómeros
- Diasterómeros
- Mesómero
- Isómeros conformacionales

SOLUCIÓN:

Cuando hay dos carbonos asimétricos con grupos iguales, las desviaciones pueden compensarse y se tendría una forma meso, pero si los dos carbonos asimétricos no tienen grupos iguales, al no tener un plano de simetría pueden desviar de forma contraria pero no igual, siendo y carbono(+) y el otro (-). En este caso se trata de diasterónomos, como se propone en b.

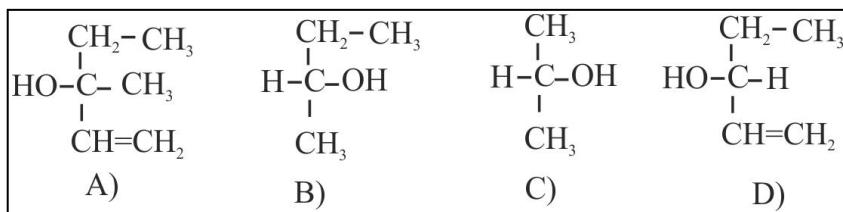


10.146. De las moléculas orgánicas dadas dirás que:

- Puede que no tenga actividad óptica la: a) A b) B c) C d) Ninguna
- No tienen un carbono asimétrico, la: a) A b) B c) C d) Todas

SOLUCIÓN:

La A y B tienen sólo un carbono asimétrico, de forma que siempre tendrán actividad óptica, salvo que se trate de una mezcla racémica. El único que puede no tener actividad óptica por compensación interna es el C, al tener dos carbonos asimétricos, con un plano de simetría, siendo esta la respuesta correcta.



10.147. En 1891, Fischer, propuso unas formas de proyección del tetraedro del carbono sobre un plano, para explicar mejor la isomería óptica, partiendo del gliceraldehído dextrógiro (aplicándolo luego a los monosacáridos) escribió en el plano, el carbono asimétrico, con el grupo OH a la derecha, de esta forma todos los compuestos que en el primer carbono asimétrico el OH está a la derecha serán de la familia D, y lo contrario la familia L, letras que no tienen nada que ver con el carácter *dextrógiro* (*d o +*), *o levógiro* (*l o -*) de la sustancia. De esta forma, de las cuatro sustancias dadas será de la familia D

- a) La C b) La A c) La D d) La B

SOLUCIÓN:

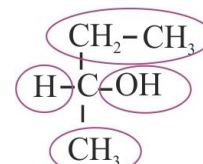
Solo la B pertenece a la D, según la notación Fischer, sería D -2-butanol

10.148. El término de *estereoisomería* había sido propuesto por Victor Meyer ya en 1890, para sustituir el "química en el espacio" de van't Hoff (estereo, sólido o cúbico en griego, en el sentido de espacial). El monoalcohol más sencillo con isomería óptica será el:

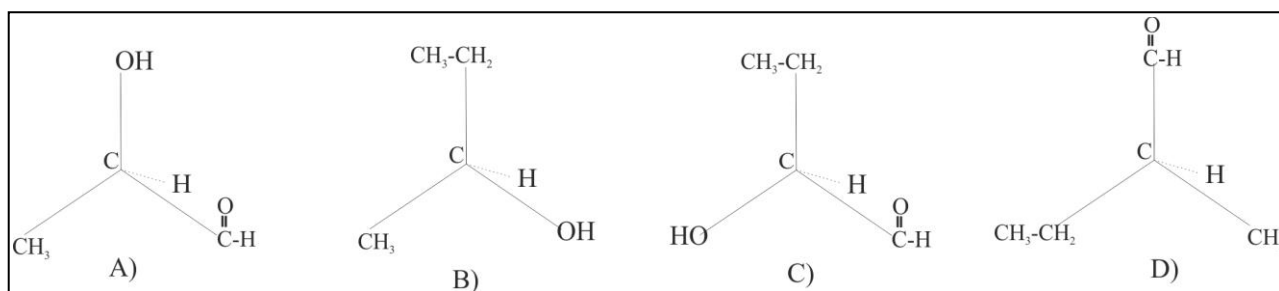
- a) 2-metil-1-butanol b) 2-butanol
c) 2-propanol d) 2-metilpropanol

SOLUCIÓN:

Como debe tener un carbono asimétrico, y por lo tanto éste debe unirse a cuatro átomos o grupos diferentes, el único posible será 2-butanol, como se indica.

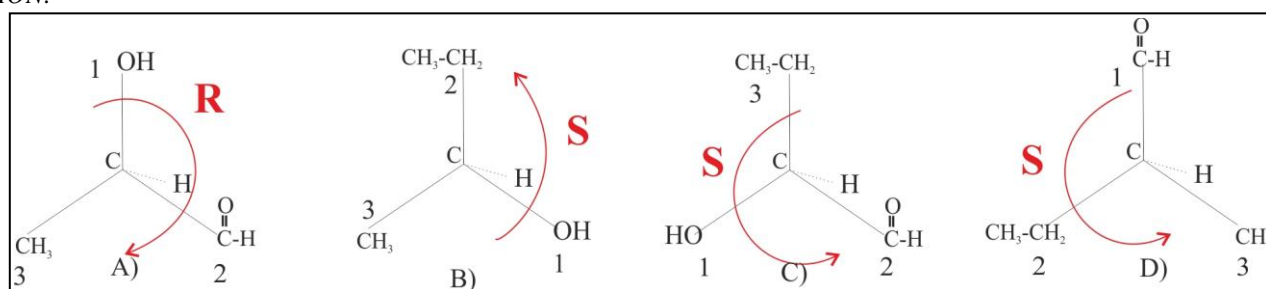


2-butanol

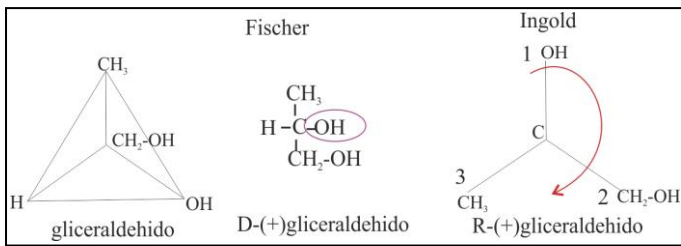


10.149*. La asimetría molecular responsable de las propiedades ópticas de determinadas sustancias, fue denominada quiralidad por lord Kelvin en 1884, término que fue retomado por Kahn, Ingold y Prelog, cuando se establecieron entre 1951 y 1956, las reglas secuenciales en la nomenclatura de los isómeros ópticos. Su origen está en el griego *keir*, mano, dado que los *enantiómeros* (enantio, opuesto en griego) son imágenes especulares, tal como una mano lo es de la otra. Las reglas, llamadas secuenciales, implican un tipo de nomenclatura de isómeros ópticos que difiere de la R/L de Fischer, conservando la estructura tetraédrica del carbono asimétrico en el centro del tetraedro, y visualizando los tres átomos de mayor número atómico en los 3 vértices del plano del papel (el cuarto estaría hacia atrás), se seguiría el orden de prelación de mayor a menor número atómico, si este orden de recorrido, implica un sentido horario el isómero será *rectus* (*R*), o sea hacia la derecha; si antihorario, *sinister* (*S*) o sea hacia la izquierda, de esta forma de los compuestos dados serían S, los : a) A b) B c) C d) D

SOLUCIÓN:



Como se ve los S serían B, C y D



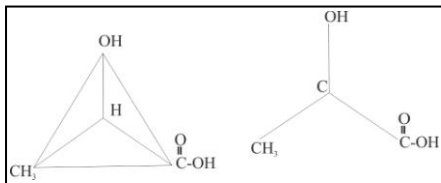
10.150*. Las normas de formulación de isómeros ópticos de Fischer, partían de su estudio de los monosacáridos, y no tenían nada que ver con la desviación de la luz polarizada hacia derecha o izquierda, aunque posteriormente se descubriera que el D-gliceraldehído, era dextrógiro (d o +).

Las reglas secuenciales, fueron mas generales, aplicadas a todos los compuestos con isomería óptica, pero tampoco tenían relación con la actividad óptica, como se ve en la figura, aunque el R-gliceraldehído desvíe hacia la derecha la luz polarizada, según eso podrás decir que:

- Un isómero D, podría desviar hacia la izquierda la luz polarizada
- Un isómero L, podría desviar hacia la izquierda la luz polarizada
- Un isómero R, podría desviar hacia la derecha la luz polarizada
- Un isómero S, podría desviar hacia la derecha la luz polarizada

SOLUCIÓN:

Como cuando se idearon las normas empleadas en su día para la nomenclatura de los isómeros ópticos, no conocían la disposición espacial de las moléculas orgánicas, no se podía relacionar un fenómeno macroscópico como la desviación de la luz polarizada, con otro microscópico como la disposición espacial de los átomos en las moléculas, hecho que se realizó por difracción electrónica mucho mas tarde, por ese motivo las notaciones D/L y R/S, eran independientes de las desviaciones de la luz polarizada, por lo tanto se hubieran podido dar los cuatro casos.

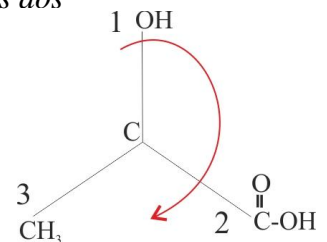


10.151. En 1863, Wislicenus, sugirió una disposición espacial de los átomos en el ácido láctico o 2-hidroxipropanoico, para explicar la isomería óptica. Aplicando la regla secuencial dada, el ácido láctico formulado sería un

- R-láctico
- S-láctico
- Ninguno de los dos

SOLUCIÓN:

Al establecer un orden de prelación entre los sustituyentes, por su número atómico (en caso de ser el mismo, se iría al segundo átomo sustituyente y así sucesivamente), tendríamos que el 1, sería el OH; el 2, el COOH, y el 3, el CH₃. Como el sentido de la sucesión 1-2-3, es hacia la derecha (rectus), y sentido horario, el isómero será el R. Es correcta la propuesta a

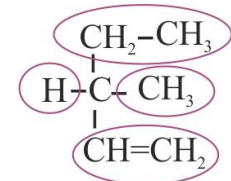


10.152. El único hidrocarburo de cadena abierta y de fórmula C₆H₁₂, con isomería óptica será el:

- 3-metil-1-penteno
- 3-metil-2-penteno
- 2-metil-2-penteno
- 2-metil-3-penteno

SOLUCIÓN:

Para que tenga isomería óptica no siendo cíclico, y con un doble enlace, que satisfaga su fórmula molecular, debe contener carbono asimétrico o asimetría molecular y esto se da solo, para el 3-metil-1-penteno, como se propone en a.



3-metil-1-penteno

10.153. La combustión de 4g de cierto hidrocarburo lineal, proporcionó 12,32g. de dióxido de carbono. Si su peso molecular es 100, el único compuesto con estas características que posea isomería óptica será el

- 3,3-dimetilpentano
- 3-metil-1-penteno
- 3-metil-1-pentino
- 3-metilhexano

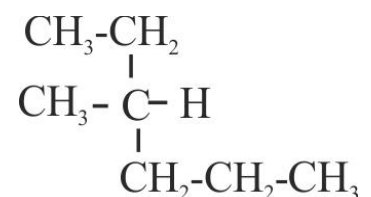
Datos: C=12; H=1

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta la reacción de combustión $nC_xH_y + mO_2 = nxCO_2 + ny/2 H_2O$, y estableciendo las relaciones de masa

$$\frac{12x+y}{44x} = \frac{4g}{12,32g}, \text{ pero } 12x+y \text{ es la masa molar del hidrocarburo}=100; \frac{100}{44x} = \frac{4g}{12,32g}, \text{ de}$$

lo que $x=7$; $y=100-12 \cdot 7=16$. Se trata del hidrocarburo C₇H₁₆, que corresponde a un hidrocarburo saturado. Para que tenga isomería óptica necesitaría tener un carbono asimétrico y por lo tanto sería el 3-metil-hexano, que se da, como indica la opción d.



10.155 Un compuesto orgánico de C,H y O, lineal tiene un 22,22% de O, un doble enlace y sólo un grupo alcohol, un isómero óptico del mismo sería el:

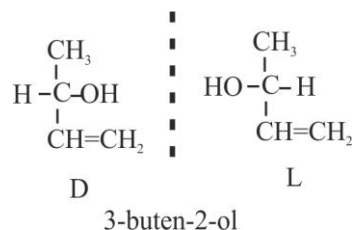
- a) 2-buten-2-ol b) 2-penten-3-ol c) 3-buten-2-ol d) 3-penten-1-ol

Datos: C=12; H=1; O=16

SOLUCIÓN:

Como tiene un doble enlace y un grupo alcohol la fórmula general para su serie homóloga es $C_nH_{2n}O$, se puede establecer la relación $\frac{12n+2n+16}{16} = \frac{100g.compuesto}{22,22gO}$. Resolviendo la ecuación $n=4$, y el compuesto es

C_4H_8O , que corresponde a un 3-buten-2-ol, como se proponen c.



10.154. Un compuesto orgánico de cadena lineal, tiene la siguiente composición centesimal : C=17,82%; H=2,97% ; Br=79,21%. Sabiendo que 2,09 g. de dicho compuesto gaseoso ocupan a 1atm. de presión y 177°C, un volumen de 381,7mL, el único compuesto que en estas condiciones tiene isomería óptica será el:

- a) 1-bromopropano b) 1,2-dibromopropano c) 1,3-dibromopropano d) 1,3-dibromobutano

M.AT: Br,80 / C,12 / H,1. R=0,082atm.L.K⁻¹.mol⁻¹

SOLUCIÓN:

$$C) \frac{17,82g}{12g} = 1,49 \text{ moles de átomos de C} \quad H) \frac{2,97g}{1g} = 2,97 \text{ moles de átomos de H} \quad O) \frac{79,21g}{80g} = 0,99 \text{ moles de átomos de Br}$$

Mínima relación intermolecular de átomos:

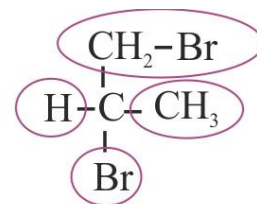
$$C = \frac{1,49 \text{ moles de átomos de C}}{0,99 \text{ moles de átomos de Br}} = 1,5 \quad H = \frac{2,97 \text{ moles de átomos de H}}{0,99 \text{ moles de átomos de Br}} = 3 \quad O = \frac{0,99 \text{ moles de átomos de Br}}{0,99 \text{ moles de átomos de Br}} = 1$$

La fórmula molecular será $(C_{1,5}H_3Br)_n$. Se calcula de la masa molar aplicando, $PV=nRT$

$$1atm.0,3817L = \frac{2,09g}{MM} \cdot \frac{0,082atm.L}{K.mol} \cdot (177 + 273K);$$

$MM=202 \text{ g/mol}$. de lo que $12.1,5x+3x+80x=101x$; $x=2$. Por lo que la fórmula molecular será $C_3H_6Br_2$

El único compuesto con estas características con un carbono asimétrico y por lo tanto con isomería óptica será el 1,2 dibromopropano. Es correcta la propuesta b.



1,2-dibromopropano

10.156. 2g. de un compuesto orgánico de cadena lineal, producen por combustión 4,89g de dióxido de carbono y 2g de agua. Si su masa molar es 72g/mol, y sabiendo que tiene isomería óptica dirás que se trata del:

- a) 2-metil-1-butanol
b) 2-metil-2-propanol
c) 3-buten-2-ol
d) 2-buten-2-ol

Datos: C=12; H=1; O=16

SOLUCIÓN

$$C) \frac{4,89g.CO_2}{44g.CO_2} \cdot \frac{12g.C}{molC} \cdot \frac{1molC}{molCO_2} \cdot \frac{100g}{2g} = 66,68\% \quad H) \frac{2g.H_2O}{18g.H_2O} \cdot \frac{1g.H}{molH} \cdot \frac{2molesH}{molH_2O} \cdot \frac{100g}{2g} = 11,11\%$$

$$O) 100-66,68-11,11=22,22\%$$

Determinación de fórmula empírica

$$C) \frac{66,68g}{12g} = 5,55 \text{ moles de átomos de C} \quad H) \frac{11,11g}{1g} = 11,11 \text{ moles de átomos de H} \quad O) \frac{22,22g}{16g} = 1,39 \text{ moles de átomos de O}$$

Mínima relación intermolecular de átomos:

$$C = \frac{5,55 \text{ moles de átomos de C}}{1,39 \text{ moles de átomos de O}} = 4 \quad H = \frac{11,11 \text{ moles de átomos de H}}{1,39 \text{ moles de átomos de O}} = 8 \quad O = \frac{1,39 \text{ moles de átomos de O}}{1,39 \text{ moles de átomos de O}} = 1$$

La fórmula mínima será $(C_4H_8O)_n$. Como la masa molar es 72g.mol⁻¹, $12.4n+8n+16n=72n=72$; $n=1$

La fórmula molecular es C_4H_8O , compuesto que se ha visto en el test anterior, por lo tanto se trata del 3-buten-2-ol como se propone en c.

10.157. La composición de un compuesto orgánico lineal con características ácidas da 60% de C, 32% de oxígeno y el resto hidrógeno. Si su masa molar es de 100, y tiene isomería óptica, el compuesto en cuestión será el:

- a) 2-metil-3-butenoico
 b) 2-metil-2-butanoico
 c) 3-pentenoico
 d) 4-pentenoico

Datos: C=12; H=1; O=16.

SOLUCIÓN:

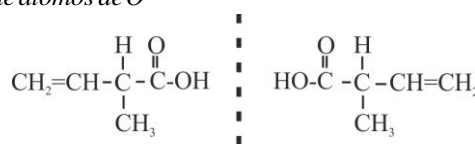
$$C) \frac{60,0g}{12g} = 5 \text{ moles de átomos de C} \quad H) \frac{8g}{1g} = 8 \text{ moles de átomos de H} \quad O) \frac{32g}{16g} = 2 \text{ moles de átomos de O}$$

Mínima relación intermolar de átomos:

$$C = \frac{5 \text{ moles de átomos de C}}{2 \text{ moles de átomos de O}} = 2,5 \quad H = \frac{8 \text{ moles de átomos de H}}{2 \text{ moles de átomos de O}} = 4 \quad O = \frac{2 \text{ moles de átomos de O}}{2 \text{ moles de átomos de O}} = 1$$

La fórmula molecular será $(C_{2,5}H_4O)_n$. Como se conoce la masa molar: $100 = 12 \cdot 2,5n + 4n + 16n$; $100 = 48n$, $n=2$

$C_5H_8O_2$, que corresponde a un ácido con doble enlace, en este caso el 2-metilbutenoico



2-metil-3-butenoico

10.158. Un compuesto orgánico de cadena lineal presenta la siguiente composición: C=66,67% - H=11,11% - O=22,22. Si tomas 2 g. del mismo y lo calientas hasta 127°C ocupa en fase gaseosa a 0,9 atm. de presión 1,01L si presenta actividad óptica. Con estos datos dirán que el único compuesto que en presenta actividad óptica será el:

- a) 2-metil-1-butanol b) 2-metil-2-propanol c) 3-buten-2-ol d) 2-buten-2-ol

Datos: C=12; H=1; O=16. R=0,082atm.L.K⁻¹.mol⁻¹

SOLUCIÓN:

$$C) \frac{4,89 \cdot CO_2}{44g \cdot CO_2} \cdot \frac{12g \cdot C}{molC} \cdot \frac{1molC}{molCO_2} \cdot \frac{100g}{2g} = 66,68\% \quad H) \frac{2g \cdot H_2O}{18g \cdot H_2O} \cdot \frac{1g \cdot H}{molH} \cdot \frac{2molesH}{molH_2O} \cdot \frac{100g}{2g} = 11,11\%$$

$$O) 100 - 66,68 - 11,11 = 22,21\%$$

Determinación de fórmula empírica

$$C) \frac{66,67g}{12g} = 5,56 \text{ moles de átomos de C} \quad H) \frac{11,11g}{1g} = 11,11 \text{ moles de átomos de H} \quad O) \frac{22,22g}{16g} = 1,39 \text{ moles de átomos de O}$$

Mínima relación intermolar de átomos:

$$C = \frac{5,56 \text{ moles de átomos de C}}{1,39 \text{ moles de átomos de O}} = 4 \quad H = \frac{11,11 \text{ moles de átomos de H}}{1,39 \text{ moles de átomos de O}} = 8 \quad O = \frac{1,39 \text{ moles de átomos de O}}{1,39 \text{ moles de átomos de O}} = 1$$

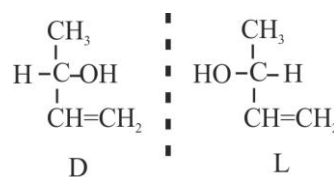
La fórmula molecular será $(C_4H_8O)_n$. Se calcula de la masa molar aplicando, $PV=nRT$

$$0,9 \text{ atm} \cdot 1,01 \text{ L} = \frac{2g}{MM} \cdot \frac{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L}}{K \cdot \text{mol}} \cdot (127 + 273K);$$

Como la masa molar es 72g.mol⁻¹, $12 \cdot 4n + 8n + 16n = 72n = 72$; $n=1$.

que corresponde a C_4H_8O , 3-buten-2-ol, con los dos enantiómeros de la figura.

Es correcta la opción c.



3-buten-2-ol

10.159. 4g de un aldehído de cadena lineal, producen por combustión 4,186g de agua. El único posible con isomería óptica sería el:

- a) 3-metilpentanal
- b) 2-metilbutanal
- c) 4-metilpentanal
- d) 3-metilbutanal

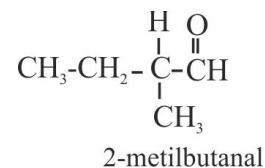
DATOS : MASAS ATÓMICAS: C,12- H,1-O,16

SOLUCIÓN

Teniendo en cuenta, la fórmula general para los aldehídos, la reacción de combustión será $C_nH_{2n}O + mO_2 = nCO_2 + nH_2O$, y estableciendo las relaciones de masa

$$\frac{12n + 2n + 16}{18n} = \frac{4g}{4,186g}, \text{ resolviendo } n=5, \text{ por lo tanto será el } C_5H_{10}O, \text{ y el único que posee}$$

carbonos asimétricos será el 2-metilbutanal, como se ve en la figura. Es correcta la b.



10.160. Dispones de un compuesto orgánico de C,H y O del que sabes que contienen un 58,82% de carbono y un 31,37% de oxígeno. Además 2g del mismo disueltos en 100mL de agua producen una disolución que hierve a 100,102°C, a presión normal. El único compuesto con esas características capaz de tener 4 isómeros ópticos es el:

- a) 3-metilbutanoico
- b) 3-metil-2,3-butanodiol
- c) 2,3-pentadieno-2,3-diol
- d) 4-penteno-2,3-diol

DATOS : MASAS ATÓMICAS: C,12- H,1-O,16. Constante ebulloscópica del agua =0,52 K.kg.mol⁻¹

SOLUCIÓN:

% de H: $100 - 58,82 - 31,37 = 9,81\%H$

C) $\frac{58,82g}{12g} = 4,9 \text{ moles de átomos de C}$ H) $\frac{9,81g}{1g} = 9,81 \text{ moles de átomos de H}$ O) $\frac{31,37g}{16g} = 1,96 \text{ moles de átomos de O}$

Mínima relación intermolar de átomos:

$$C = \frac{4,9 \text{ moles de átomos de C}}{1,96 \text{ moles de átomos de O}} = 2,5 \quad H = \frac{9,81 \text{ moles de átomos de H}}{1,96 \text{ moles de átomos de O}} = 5 \quad O = \frac{1,96 \text{ moles de átomos de O}}{1,96 \text{ moles de átomos de O}} = 1$$

Como $\Delta t = km$; $(100,102 - 100)^\circ C = 0,52^\circ C \cdot kg \cdot mol^{-1} \cdot \frac{MM}{0,1kg}$, $MM = 102g \cdot mol^{-1}$.

La fórmula molecular será $(C_{2,5}H_5O)_n$. Como se conoce la masa molar: $102 = 12,25n + 5n + 16n$; $102 = 51n$, $n=2$. Se tratará de los isómeros de fórmula molecular $C_5H_{10}O_2$ que corresponde al ácido pentanoico y sus isómeros enodiolos, . Como se ve en los cuadros son 4 isómeros como se propone en d. Al no haber plano de simetría entre los carbonos asimétricos, no hay forma meso.

