

Referencias citadas

- Advanced Chemistry Development. Characteristic (Functional) Groups. Consultado el 9 de marzo de 2013 en: http://www.acdlabs.com/iupac/nomenclature/93/r93_280.htm
- Brown, W. H.; Foote, C. S., Iverson, V. L.; Anslyn, E. V., *Organic chemistry*. Belmont, CA: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2012, p. 64.
- Guerrero, G. A. B., *Geometría: Desarrollo axiomático*. Bogotá: Ecoe, 2006, p. 33.
- Choo, E.; Larsen, D., Structure of organic molecules. UC Davis Chemwiki. Consultado el 9 de marzo de 2013 en: [http://chemwiki.ucdavis.edu/Organic_Chemistry/Fundamentals/Structure_of_Organic_Molecules#Bond-Line_\(a.k.a._zig-zag\)_Formulas](http://chemwiki.ucdavis.edu/Organic_Chemistry/Fundamentals/Structure_of_Organic_Molecules#Bond-Line_(a.k.a._zig-zag)_Formulas)
- Lazlo, P., Conventionalities in formula writing. Consultado el 12 de marzo de 2013 en: <http://www.pierrelazlo.com/articles/history-of-chemistry/54-conventionalities-in-formula-writing>
- Line formula. Consultado en línea el 13 de junio de 2013 en: <http://goldbook.iupac.org/L03561.html>
- Línea poligonal: Escolares.net. Consultado en línea el 17 de abril de 2013 en: <http://www.escolares.net/matematicas/linea-poligonal/>
- Mc Murry, J., *Química Orgánica*. México: Cengage Learning, 2008, pp. 1, 22-25.
- Orchin, M., *The vocabulary and concepts of organic chemistry*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience, 2005, p. 227.
- Peters, K. E.; Moldowan, J. M.; Walters, C. C., *Biomarkers and isotopes in the environment and human history*. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 2005, p. 20.
- Solomons, G., *Química Orgánica*. México: Limusa, 2002, pp. 81-85.
- Srivastava, A. K., Jain P. C. *Chemistry* Vol. II. V. K. (India) Enterprises. Delhi, 2006, p. 1082.

Educ. quim., **24**(3), 274-277, 2013. © Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 0187-893-X
Publicado en línea el 13 de junio de 2013, ISSNE 1870-8404

Respondiendo al documento: Precisiones y comentarios sobre el artículo: “Evaluación del aprendizaje en las representaciones moleculares “enlace-línea” de los compuestos orgánicos. Un estudio de caso” (Cerón y col., 2013)

Edgar Villaseñor-Díaz,¹ Enrique Canchola-Martínez,² Arturo Salame Méndez,²
Norma Leticia Ramírez-Chavarín,³ Francisco Cruz-Sosa,^{3*} Jorge Armando Haro-Castellanos^{2**}

Primeramente deseamos agradecer la atención dedicada por Cerón y col., quienes realizaron la lectura analítica al trabajo que publicamos en esta revista (Villaseñor y col. 2013). Reconocemos el esfuerzo y tiempo que prestaron al realizar ese trabajo, el cual nos halaga con frases como: “...abordaron con buena forma y bastante fondo, el tema de las representaciones moleculares gráficas que denominaron como de enlace-línea”.

Es grato también saber que en estas vías de comunicación se manifiesten propósitos como el de “...enriquecer el artículo...”, y todo esto para bien del lector, del profesorado que pueda aprovechar los conocimientos de las publicaciones y del alumnado que tenga la posibilidad de usar este material como apoyo en sus cursos.

Inicialmente expresaremos en forma general nuestro punto de vista acerca de las observaciones manifestadas

por Cerón y col. (2013) y luego contestaremos punto por punto las observaciones numeradas por ellos.

En términos generales es necesario señalar que, como está escrito en el artículo referente (Villaseñor y col. 2013), “... el objetivo de este estudio fue evaluar el nivel de conocimiento y el aprendizaje de las representaciones enlace-línea, correspondientes a las estructuras moleculares de los compuestos orgánicos mediante la aplicación de un cuestionario...”; sin embargo, no está incluido el análisis de las razones por las cuales los estudiantes cometieron los errores vistos ya que la intención es que, detectando cuál es la falla en el conocimiento de las representaciones moleculares “enlace-línea”, cada el profesor pueda atenderla particularmente empleando más tiempo y alternativas en la comunicación de ese preciso conocimiento. Por otra parte, el estudio que realizamos (Villaseñor y col., 2013) y las conclusiones arrojadas pudieran no concordar con el mismo estudio en otros grupos, en otras universidades o en otros países, ya que las variables involucradas en la preparación previa del alumno contemplan también la orientación que el profesor aplique en los temas respectivos; por ejemplo, aún existen profesores en las universidades que le prestan más atención a las fórmulas desarrolladas o a las semidesarrolladas, también llamadas “condensadas” (Carey, 1999; McMurry,

¹ Licenciatura en Ingeniería Bioquímica Industrial.

² Departamento de Biología de la Reproducción.

³ Departamento de Biotecnología.

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 09340 Iztapalapa, México D.F., México.

Correos electrónicos: *cuhp@xanum.uam.mx **hcja@xanum.uam.mx

2008; Solomons, 2002), que a las representaciones “enlace-línea”.

Dentro de este mismo enfoque general en la primera parte del documento de Cerón y col. (2013), se da un espacio considerable a la definición, manejo y uso de las representaciones moleculares enlace-línea con mucho detalle, llegando a proponer un nombre particular a estas representaciones como “*Fórmulas moleculares geométricas*”. Al respecto sería conveniente que enviaran su propuesta a la IUPAC para que fuese considerada y se unificaran criterios.

Referente al uso de las representaciones moleculares enlace-línea, Cerón y col. (2013) reconocen la versatilidad para manejarlas; sin embargo, puntualizan que la geometría en los enlaces de los carbonos en los alquinos y en los nitrilos es lineal, lo cual es cierto, y a pesar de ello, las representaciones “enlace-línea” se usan para manejar estructuras a nivel de composición (tipo y número de átomos) y constitución o conectividad (tipo y número de enlaces), y solo en casos especiales se indica la estereoquímica mediante códigos propios para este nivel de la representación estructural. Por ejemplo, Cerón y col. (2013) en la figura 1, ejemplo (c), para carbonos con hibridación sp^3 en el hexano usan ángulos de 120° (que corresponden a carbono sp^2 de alqueno), cuando en realidad son de alrededor de 109.5 . De manera similar, en el ejemplo (a) de la figura 3, usan el mismo ángulo de 120° para los enlaces del carbono sp^2 que para los enlaces de carbono sp^3 aun cuando son diferentes.

También consideramos importante dejar solamente la información necesaria para el estudio realizado en el artículo referente, y quitar temas distractores como la historia relacionada con el tema central para no hacer difuso el conocimiento y diluir la comprensión. Al respecto también podría ocurrirse el incluir en el artículo referente, otros temas relacionados que prestan más utilidad, como las técnicas espectroscópicas (UV-Visible, IR, RMN) que hacen evidentes los tipos de enlaces con la identificación de los grupos funcionales, o bien el análisis elemental como base de la determinación de la fórmula molecular (pasando primero por la fórmula mínima); sin embargo, optamos por dejarlos fuera por la razón expuesta.

Por otra parte, en respuesta a los comentarios, preguntas y sugerencias puntuales de Cerón y col. (2013), contestaremos en el mismo orden que plantearon sus puntos:

1) “Mencionan que su población consistió de estudiantes de *Química orgánica III*, pero también dicen que sólo tomaron un curso previo de *química orgánica* cuando en realidad deben ser dos”.

Respuesta: En el artículo referente (Villaseñor y col., 2013, pág. 8, columna 1, párrafo 3, últimas dos líneas) se expresa: “...alumnos que ya cursaron y aprobaron un curso previo de *Química Orgánica*”; sin embargo, no implica que sea solo un curso como señalan Cerón y col. (2013), en el párrafo anterior. No obstante queremos aclarar que no es relevante para efecto del estudio realizado si es uno o dos cursos previos,

ya que en cualquier caso existe el antecedente de haber tenido la oportunidad de abordar el tema.

2) “Según sus resultados, hay una correlación directa entre el índice de reprobación de la materia química orgánica III y el grado de comprensión de dichas fórmulas, lo cual es bastante lógico, mas no así el hecho de que algunos de los estudiantes hayan aprobado los dos cursos anteriores sin dominar estos aspectos fundamentales, a no ser que los programas de sus cursos lo permitan. ¿En cuál de sus cursos abordan el tema con sus estudiantes?”

Respuesta: Es de considerar la posibilidad de que los alumnos que cursen las tres Químicas Orgánicas lo hagan con diferentes profesores, quienes pueden optar por las fórmulas desarrolladas y poco manejo de las representaciones de enlace-línea, por lo cual pudieran acreditar los cursos aun sin manejar correctamente estas últimas.

3) “La mejor solución a los ejercicios propuestos pasa a través de la conversión de las fórmulas geométricas (poligonales) a fórmulas semidesarrolladas. Cuando nosotros hacemos este tipo de preguntas a nuestros estudiantes, solo algunos “desarrollan” los hidrógenos sobre las fórmulas poligonales (figura 8a) y la gran mayoría intenta hacerlo contándolos mentalmente; es decir, que el origen de los errores se debe a veces más a pereza que a desconocimiento. ¿Intentaron sus alumnos escribir fórmulas “semidesarrolladas” o se sintieron cohibidos por la instrucción mencionada en el punto 2.2 de la metodología (p. 175)?”

Respuesta: Es conveniente señalar que el propósito fundamental del artículo referente (Villaseñor y col. 2013), es el determinar las dificultades que manifiesta el alumno en el aprendizaje de las representaciones de enlace-línea para prestar más atención a esos “cuellos de botella” en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido y considerando que los reactivos de evaluación deben tener como características fundamentales la claridad sin ambigüedades, la brevedad y objetividad, se elaboró el cuestionario que se presenta en el anexo 1 del artículo citado (pág. 179), en el que además de dar las instrucciones pertinentes, se les recuerda a los alumnos cómo se expresa la fórmula molecular, pero lo que se investigó fue cuál de las cuatro variables (número de átomos de carbono, número de átomos de hidrógeno, heteroátomos y orden de los elementos) tienen mayor grado de dificultad para los alumnos; sin embargo, la pregunta formulada por Cerón y col. (2013) no constituye parte de la investigación realizada. También es conveniente aclarar que el punto 2.2 de la metodología (“Se les indica a los alumnos que para la resolución del reactivo solo tiene que escribir la fórmula molecular debajo de cada estructura como se indica en las instrucciones y debe resolverse en forma individual”) indica el dato requerido para responder el reactivo, mas no induce o inhibe las formas para resolverlo.

4) “Por lo anterior, divergimos en el criterio de su metodología (p. 175): “el alumno comprende las representaciones moleculares

enlace-línea de los compuestos orgánicos, únicamente si es capaz de escribir su correspondiente fórmula molecular”; ya que la comprensión de estas fórmulas se puede investigar más fidedignamente si se les pide escribir las fórmulas semidesarrolladas correspondientes”.

Respuesta: La relación que se maneja en el artículo de Villaseñor y col. (2013), entre la representación de enlace línea y la fórmula molecular no solo da la información buscada en la investigación realizada, sino que ambas tienen su importancia, la primera por su más abundante frecuencia de uso debido a la sencillez de trazo y la segunda por la utilidad que presta para el manejo de información acerca de una aproximación rápida a los grupos funcionales en la clasificación de los compuestos orgánicos en familias, además del uso para los índices por fórmula como los que maneja *Chemical Abstracts*.

No obstante la divergencia entre las partes, el lector interesado tiene ahora más elementos para formarse un criterio más certero.

5) “El dominio de las fórmulas moleculares, como bien mencionan y estudian en su artículo, implica saber tanto el tipo y la cantidad de átomos que las constituyen como el formato en el que se escriben. Al respecto hubiera sido bueno que analizaran y comentaran en las conclusiones a qué atribuyen el hecho de que los estudiantes no cuenten correctamente los átomos y/o a qué el hecho de que no sigan el orden alfabético para los heteroátomos, suponiendo que sólo se hubiesen equivocado en el orden de éstos.

Al respecto nosotros hemos llegado a pensar que algunos alumnos no recuerdan la parte “intermedia” del abecedario, ya que en cada curso les reiteramos que hay quienes se equivocan en el orden alfabético y algunos de esos estudiantes cometen posteriormente el mismo error, tal y como lo hemos observado en preguntas de examen, en el que les planteamos moléculas que contienen C, H, N, O y S, entre otros átomos. Y nos preguntamos hasta qué punto la famosa regla mnemotécnica “CHON” (diminutivo de calzón, una prenda interior masculina y siglas de: Carbono-Hidrógeno-Oxígeno-Nitrógeno) interfiere en la solución de los problemas planteados”.

Respuesta: Las sugerencias expresadas en este punto no constituyeron parte de los objetivos planteados en la investigación educativa del artículo publicado; sin embargo, Cerón y col. (2013), tienen la oportunidad de realizar ese trabajo.

6) “Con respecto al cálculo del número de hidrógenos sería interesante que comentaran qué causó más error en sus estudiantes, si el tipo de carbono al que están enlazados (1°, 2° ó 3°) o la multiplicidad del enlace (sencillo, doble o triple)”.

Respuesta: No es posible aclarar lo que sugieren Cerón y col. (2013) en este punto ya que tampoco fue objeto de estudio. Los cuestionamientos del punto anterior (5) como del actual (6) son tema de exploración para cada profesor que enfrente a sus grupos con las características particulares que dependerán de las variables manejadas y resuelva la estrategia que

considere adecuada para mejorar la eficiencia en el aprendizaje del alumnado y con los datos que obtenga, podrá continuar resolviendo hipótesis para publicar sus resultados.

7) “Ya que es muy común que los estudiantes minimicen cuestiones tales como la carga o en este caso, el orden alfabético, hubiera sido muy agradecido un comentario sobre la importancia de establecer correctamente la fórmula molecular: ¡Una fórmula molecular correcta implica entre otras cosas, una búsqueda efectiva de sus propiedades físicas y químicas en libros, catálogos, diccionarios y hasta en la internet!”

Respuesta: Si se incorpora información satélite al tema principal, es posible que se disipe la atención y diluya el interés, por lo cual entramos directo al propósito del trabajo que es relacionar la fórmula molecular con la representación de enlace-línea. Por otra parte, para realizar la búsqueda de las propiedades físicas y químicas, las cuales no solo dependen de los elementos presentes en la molécula y el número de átomos de esos elementos (fórmula molecular), sino también de los otros niveles de la estructura molecular como constitución (conectividad) y estereoquímica, se requiere el nombre del compuesto o bien el número de registro para obtener la información directa ya que si se realiza por la fórmula molecular, es muy probable que se obtenga información de una serie de isómeros que pueden confundir al usuario, aun cuando se utilicen fuentes bibliográficas serias y confiables como *Chemical Abstracts*.

8) “La presentación de sus resultados es un poco confusa: a) En la tabla 1 aparecen numerados 36 alumnos pero únicamente hay 35 (falta el número 18); b) En las abscisas de las figuras 1-4 debió haberse puesto la leyenda “número de alumno” y los números correspondientes, así habría correspondencia con los valores de la tabla 1; c) Los “promedios” en las mismas figuras corresponden al valor promedio de los aciertos y por lo tanto la leyenda debió colocarse en las ordenadas o simplemente no graficarse puesto que, en nuestra opinión, es un dato que no es significativo para el estudio; d) Sin una leyenda explicativa y sin haberse usado los datos de la última columna de la tabla 1, ésta resulta intrascendente y podría eliminarse”.

Respuesta: (a) Ciertamente fue un error en el que por alguna razón en lugar del número 36 debió ser el 18. Errores como este se presentan frecuentemente, como el caso de la fórmula molecular del cubano en la primera línea después de la figura 6 en el documento de Cerón y col. (2013), donde los autores indican entre paréntesis “C₆H₆” debiendo ser C₈H₈, y el error se repite en el texto de la figura 7 del mismo documento; (b) No obstante que la información se entiende como fue presentada, la observación es pertinente ya que de esa forma la correlación de datos sería más directa; (c) Los valores promedio en las gráficas 1-4, a los que se hace referencia, sirven para ver gráficamente con claridad el origen de los valores de la tabla 5; (d) Esa información indica el origen del alumnado, ya que se menciona en el texto de la introducción del artículo referente (Villaseñor y col., 2013).

9) "Un poco de historia siempre es bienvenida, pues sirve para que los estudiantes comprendan que el desarrollo de la ciencia no siempre ha sido sencillo y que con un poco de lectura tienen a su alcance muchos años de esfuerzo y trabajo. Al respecto recomendamos la lectura del artículo "Conventionalities in formula writing" de Pierre Lazlo (2001), quien sitúa la consolidación de las fórmulas de líneas como parte del lenguaje químico, en el periodo de 1865-1905".

Respuesta: La historia en la Química es no solo interesante sino también muy útil, como en los casos en los que se escriba un artículo en el que se propongan nuevas ideas respecto a la formulación de estructuras en la químicas; sin embargo, en el presente trabajo los objetivos son otros y de la misma forma que en los puntos anteriores 5 y 6 creemos conveniente que en la introducción del artículo se establezcan solamente los argumentos suficientes y necesarios para fundamentar el objeto de estudio.

Posteriormente Cerón y col. (2013) hacen observaciones relacionadas con el título y resumen en inglés, para lo cual creemos que no solo en gustos, sino también en estilos se rompen géneros. Pero el resto de los lectores se formarán la mejor opinión.

En la parte final del documento de Cerón y col. (2013), señalan: "Asimismo creemos que el uso de la palabra "reactivo" para referirse a un cuestionario o examen debería de evitarse a toda costa del lenguaje de la educación química, pues ese significado es totalmente distinto (y fundamental para la química) al de una sustancia que participa en una reacción química".

Al respecto nosotros hemos usado la palabra "reactivo", basándonos en la línea de la pedagogía que sostiene formas de expresión en el proceso de enseñanza-aprendizaje que comúnmente se manejan en el terreno de la educación química, por lo que recomendamos a Cerón y col. (2013), la lectura de los trabajos citados en la bibliografía (García, 2009; Krumm, 2008; Manual para Construir Reactivos de Opción Múltiple en la que se encuentran definiciones de reactivo como:

1) "Un reactivo es una pregunta a contestar, afirmación a valorar, problema a resolver, característica a cubrir o acción a realizar; están siempre contenidos en un instrumento de evaluación específico; tienen la intención de provocar o identificar la manifestación de algún comportamiento, respuesta o calidad. Los reactivos seleccionan la información que es relevante para la evaluación." (Reactivos de evaluación educativa en química).

2) "Un reactivo es una pregunta a contestar, afirmación a valorar, problema a resolver, característica a cubrir o acción a realizar; están siempre contenidos en un instrumento de evaluación específico, tienen la intención de provocar o identificar la manifestación de algún comportamiento, respuesta o calidad. Los reactivos seleccionan la información que es relevante para la evaluación" (Módulo 5: Los instrumentos de evaluación).

3) "Se entiende por construcción de reactivos el proceso mediante el cual un especialista elabora preguntas basadas en el

contenido de diferentes fuentes documentales, con el fin de detectar el grado de dominio que los sustentantes poseen de dicho contenido" (Manual para Construir Reactivos de Opción Múltiple).

Por todo lo anterior, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento, primero a Cerón y col. (2013), por su encomiable tarea de analizar nuestro artículo (Villaseñor y col., 2013) para emitir sus opiniones acerca del trabajo que publicamos, pero también al equipo de trabajo encabezado por Andoni Garritz, por su incansable paciencia para componer el foro en el que todos los actores (autores) nos movemos.

Muchas gracias.

Bibliografía

- Carey F.A., *Química Orgánica*. México: McGrawHill, 1999, p. 17-20.
- Cerón L. J. J., Arroyo-Carmona R. E., González-Vergara E. y Pérez-Benítez A., en este mismo número de *Educación Química*.
- García V. M. I., *Reactivos de Evaluación Química General*, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, 2009, consultada en marzo 29, 2013 en: http://www.google.com.mx/search?q=%C3%A1ngulos+de+enlace+c&hl=es&sa=X&qscr1=1&rlz=1T4TSNS_esMX481MX482&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ei=PhVeUYDTJLqAHcnYCIbW&ved=0CD0QsAQ&biw=1366&bih=566
- Krumm G. R., *Curso-taller para la formulación de reactivos y pruebas objetivas*, 2008, consultada en marzo 29, 2013 en http://sistemas.sej.jalisco.gob.mx:8080/Library/Taller_reactivos_DGEE.pdf
- Manual para Construir Reactivos de Opción Múltiple, consultada en marzo 29, 2013 en http://www.cobachsonora.edu.mx:8086/portalcobach/pdf/sistes/MANUAL_REACTIVOS.pdf
- McMurry, J., *Química Orgánica*. México: Cengage Learning, 2008, pp. 1, 22-25.
- Módulo 5: Los instrumentos de evaluación, consultada en marzo 29, 2013 en <http://www.dgb.sep.gob.mx/emsad/modulos/Modulo%205.htm>
- Reactivos de evaluación educativa en química, consultada en marzo 29, 2013 <http://cursos.aiu.edu/Evaluacion%20Educativa/pdf/Tema%204.pdf>
- Solomons G., *Química Orgánica*. México: Limusa, 2002, pp. 81-85.
- Villaseñor-Díaz, E., Canchola-Martínez E., Salame Méndez A., Ramírez-Chavarín N. L., Cruz-Sosa F., Haro-Castellanos J. A., Evaluación del aprendizaje en las representaciones moleculares "enlace-línea" de los compuestos orgánicos. Un estudio de caso, *Educación Química*, **24** (núm. extraord. 1), 174-179, 2013.