

## Evaluación de la comprensión de las fórmulas enlace-línea en un curso de química orgánica universitaria

## Evaluation of the understanding of link-line formulas in a university organic chemistry course

SANTISTEBAN SALAZAR, Nelson César<sup>1</sup>; SANTISTEBAN SALAZAR, Mirtha Yvis<sup>2</sup>;  
LLASHAG ADÁN, María<sup>3</sup>; ARRASCO BARRENECHEA, Magnolia Anacarina<sup>4</sup><sup>1,2,4</sup>Universidad Politécnica Amazónica<sup>3</sup>Hospital de Apoyo Santiago Apóstol

## RESUMEN

Se determinó el nivel de comprensión de las fórmulas enlace-línea para la representación de fórmulas moleculares de compuestos orgánicos. La investigación fue observacional, descriptiva y transversal, y la muestra 53 alumnos de la Universidad Politécnica Amazónica de Bagua Grande, matriculados en la asignatura de química orgánica del ciclo 2018-I, seleccionados intencionalmente. Del total de estudiantes ubicados en el grupo de alto, 100 % (13) correspondió a Ingeniería Agronómica, mientras que en este mismo nivel se ubicaron 82 % (18) de la sección A y 89 % (16) de la sección B de Enfermería. El menor nivel de aciertos correspondió al orden de los elementos en la fórmula molecular, seguido por el número de hidrógenos. Se concluyó que los estudiantes tuvieron un alto porcentaje de aciertos al escribir las fórmulas moleculares como resultado de un alto nivel de comprensión de las fórmulas enlace línea.

**Palabras clave:** aprendizaje, fórmulas moleculares, compuestos orgánicos, educación superior.

## ABSTRACT

The level of understanding of the line-link formulas was determined for the representation of molecular formulas of organic compounds. The research was observational, descriptive and cross-sectional, and the sample was 53 students from the Polytechnic Amazonian University of Bagua Grande, enrolled in the organic chemistry course of the 2018-I cycle, intentionally selected. Of the total students located in the high group, 100% (13) corresponded to Agronomic Engineering, while at this same level 82% (18) of section A and 89% (16) of section B of Nursing were located. The lowest level of hits corresponded to the order of the elements in the molecular formula, followed by the number of hydrogens. It was concluded that the students had a high percentage of correct answers when writing the molecular formulas as a result of a high level of understanding of the line- link formulas.

**Keywords:** learning, molecular formulas, organic compounds, higher education.


© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista UCV HACER Campus Chiclayo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

**Recibido:** 15 de febrero de 2020


**Aceptado:** 23 de marzo de 2020

**Publicado:** 01 de abril de 2020

<sup>1</sup>Docente de la Universidad Politécnica Amazónica,  <https://orcid.org/0000-0003-0092-5495>

<sup>2</sup>Docente de la Universidad Politécnica Amazónica,  <https://orcid.org/0000-0003-1836-5502>

<sup>3</sup>Tecnólogo Médico del Hospital de Apoyo Santiago Apóstol,  <https://orcid.org/0000-0002-6513-9869>

<sup>4</sup>Docente de la Universidad Politécnica Amazónica,  <https://orcid.org/0000-0002-7819-5296>

## INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química, sigue teniendo una mayor dificultad que la de otras asignaturas (Aguilar, Fernández y Duran, 2011; Nakamatsu, 2012) debido a que los estudiantes deben dominar un lenguaje químico (Castelán y Hernández, 2009; Zaragoza et al., 2015) que se caracteriza por la rigurosidad con que se definen sus términos técnicos (Lorenzo, Salerno y Blanco, 2009) y por el uso de múltiples reglas (Valero y Mayora, 2009) y fórmulas para representar sustancias, reacciones y mecanismos (Farré, Zugbi y Lorenzo, 2014), las mismas que son establecidos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) (Zaragoza et al., 2015; Villaseñor et al., 2013).

La enseñanza universitaria de la química se reduce al dictado de contenidos conceptuales (Cabrera, 2015) centrado en la resolución de ejercicios (Raviolo y Lerzo, 2016) que en la práctica desarrolla las competencias necesarias para aprobar el curso (Pulido y Barbero, 2015). Consecuentemente, la química orgánica se presenta como una asignatura de memoria (Barrera, 2017; Roque y Silva, 2008; Valero y Mayora, 2009), aunque no son necesarios muchos cálculos, sino claridad de conceptos (Pulido y Barbero, 2015), por una diversidad de diagramas y modelos estructurales que se utilizan, los que pueden crear confusiones (Caamaño y Oñorbe, 2004).

Sabemos ahora, que un compuesto es una sustancia constituida por moléculas, las cuales están formadas por dos o más átomos (Caamaño, 2011), por lo que su estructura depende del tipo y cantidad de átomos, la distribución espacial y la conectividad entre ellos (Cerro y Merino, 2009; Farré y Lorenzo, 2012).

Cabe hacer notar que en los textos de Química Orgánica se usan varios tipos de fórmulas para representar moléculas orgánicas.

Así las fórmulas estructurales muestran como están unidos los átomos (Meislich, Nechamkin, Sharefkin y Hademenos, 2001; Wade, 2004) pero no son representaciones de las formas reales de la molécula (Solomons y Fryhle, 2012).

En las fórmulas condensadas, no se muestran los

enlaces carbono-hidrógeno y carbono-carbono (Meislich, Nechamkin, Sharefkin y Hademenos, 2001; Wade, 2004; Klein, 2013) sino que se sobreentienden (McMurry, 2012).

En la fórmula enlace línea se asume que los átomos de carbono están en el punto donde dos líneas se encuentran o una línea comienza o finaliza (Wade, 2004); sin embargo, no todas las moléculas pueden ser representadas con enlaces en zig-zag, porque la geometría de algunos compuestos es lineal (Cerón, Arroyo, Aguilar, Gonzáles y Pérez, 2013) lo cual ocurre con los enlaces triples que tienen átomos de carbono con hibridación  $sp$ , que se dibujan en forma lineal (Klein, 2013).

Ahora, la fórmula molecular proporciona información acerca del tipo y cantidad de átomos en una molécula (Wade, 2004; Meislich, Nechamkin, Sharefkin y Hademenos, 2001) lo cual ayuda a acotar las posibilidades de grupos funcionales presentes en el compuesto (Haro, James y Romero, 2001); por tanto, para escribir las fórmulas estructurales de un compuesto, debemos conocer su fórmula molecular (Wade, 2004).

Aunque, actualmente se utilizan las fórmulas enlace-línea, aún existen profesores en las universidades que usan fórmulas desarrolladas o semidesarrolladas (Villaseñor et al., 2013).

Cabe señalar que la escritura de fórmulas enlace líneas, implica el desarrollo de inteligencias lógico-matemática y espacial, pues de ello depende la comprensión de las fórmulas moleculares por los estudiantes (Cerón, Arroyo, Aguilar, Gonzáles y Pérez, 2013).

Por su parte, de acuerdo con el nivel 2 de la taxonomía del dominio cognitivo de Bloom, el estudiante comprende el significado de la información recibida (Hernán, Lázaro y Velásquez, 2005). No obstante, los estudiantes universitarios tienen dificultades para desarrollar acciones cognitivas como el análisis, el razonamiento, la comunicación, el realizar operaciones, entre otras (Ruiz, Gutiérrez y Garay, 2018).

Por otra parte, algunos estudios reportan que podría resultar difícil de comprender para los estudiantes la representación molecular de los

compuestos orgánicos (García, Valdez y Gómez, 2008; Villaseñor et al., 2013; Cerón et al., 2013; Farré, Zugbi y Lorenzo, 2014; Morales y Salgado, 2017; Ríos, 2017), los mismos que están relacionados con la falta de esfuerzo de ellos o a formas inadecuadas de enseñanza del docente (Galagovsky y Bekerman, 2009) o a dificultades del procesamiento de información del lenguaje químico (Galagovsky, Bekerman, Di Giacomo y Alí, 2014).

Los estudiantes de tercer semestre de Enfermería e Ingeniería Agronómica de la Universidad Politécnica Amazónica cursan la asignatura de química orgánica, con clases teóricas que se complementan con ejercicios de aplicación preparados por el docente y administrado a través del Aula Virtual de esta Universidad. Cabe señalar que estos estudiantes han cursado previamente la asignatura de química inorgánica.

En este contexto se investigó si el estudiante entiende las fórmulas enlace línea al escribir el número de átomos de carbono e hidrógeno, los heteroátomos y el orden de los elementos en su correspondiente fórmula molecular e identificar los procedimientos que siguieron los alumnos al intentar escribir la fórmula.

## **METODOLOGÍA**

El tipo de investigación seleccionado para el estudio fue el cuantitativo, no experimental, descriptivo y transversal. La población fueron 623 alumnos de Enfermería e Ingeniería Agronómica de la Universidad Politécnica Amazónica de Bagua Grande, matriculados en el semestre académico 2018-I y la muestra quedó conformada por un total de 53 alumnos inscritos en el curso de química orgánica, distribuidos en Enfermería (40) que constaba de 2 secciones: A (22) y B (18) e Ingeniería Agronómica (13) y que han tenido la oportunidad de abordar el tema fórmulas con el mismo profesor.

Para seleccionar a los alumnos se hizo un proceso de muestreo no probabilístico de conveniencia o incidental. Previamente, se realizó una revisión de la versión del instrumento utilizado por Villaseñor et al. (2013) por dos doctores en educación, que opinaron en relación a la pertinencia del contenido del texto de las instrucciones, de las

fórmulas incluidas en el cuestionario y de la respuesta considerada como correcta para cada pregunta. Posteriormente, se hizo las siguientes correcciones: a) se realizó una reformulación de las instrucciones que aparecen en la prueba; b) se corrigieron dos ítems de la prueba, colocando líneas rectas verticales en los enlaces triples carbono-carbono y carbono-nitrógeno del 4-metilpent-1-ino y 3-metilbutanonitrilo, respectivamente.

En el cuestionario final se incluyeron a) el nombre del alumno; b) la carrera de estudios; c) el semestre en curso; d) la sección; e) la fecha; f) las instrucciones para su resolución; g) las fórmulas enlace línea de 20 compuestos orgánicos.

Se indicó a los estudiantes que para responder la prueba solo tienen que escribir la fórmula molecular debajo de cada fórmula enlace línea, en el que además se les recordó que para resolverlo podrían efectuar el reemplazo por las fórmulas desarrolladas o semidesarrolladas que ellos estudiaron y debía resolverse en forma individual. La aplicación de la prueba se llevó a cabo para cada grupo, en aproximadamente 30 minutos de duración.

Se consideró correcta la respuesta si el alumno escribía los elementos en la fórmula molecular en el siguiente orden: primero carbono, seguido de hidrógeno y el resto de heteroátomos por el orden del alfabeto, con un subíndice que indica la cantidad de átomos de cada elemento.

Las respuestas se calificaron como: correcta (un punto) e incorrecta o ausente (cero puntos). Se ubicó a los estudiantes en tres niveles de comprensión: Bajo (de 0 a 33,3%), Medio (de 33,4 a 66,6%) y Alto (66,7% o más) según el número de respuestas correctas en la prueba y se compararon los niveles de comprensión que se presentaron entre grupos.

Además, realizamos un conteo de las respuestas de los estudiantes en las que escribieron los átomos de carbono e hidrógeno sobre la fórmula enlace-línea al intentar determinar la fórmula molecular en el examen.

Se eliminaron los resultados cuando los alumnos repitieron el curso, copiaron en la prueba o no escribieron su nombre.

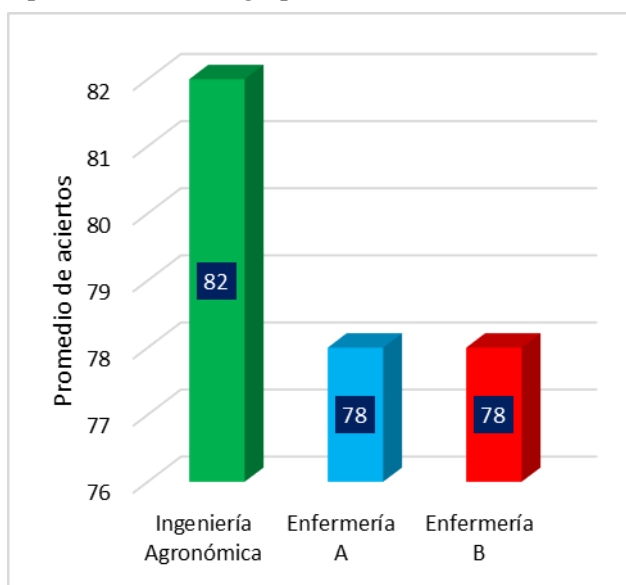
El análisis estadístico se realizó por medio del programa Microsoft Excel 2013, considerando distribución de frecuencias, porcentajes y media aritmética de los datos analizados y se buscó asociación entre las variables con la prueba chi cuadrado para valores de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

La muestra total de estudiantes que rindieron la prueba fue de 100 %; 66 % (35) de sexo femenino y 34 % (18) de sexo masculino, con edades entre 17 y 34 años, y un promedio de 19,8 años. El 75,5 % (40) de estudiantes cursaban la carrera de enfermería y el 24,5 % (13) ingeniería agronómica.

El promedio de calificación de la muestra ( $N= 53$ ) fue de 16,5 de un total de 20 puntos de calificación.

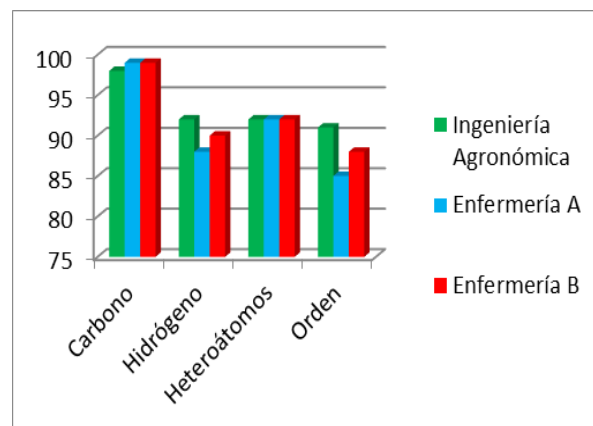
La Figura 1 muestra que el porcentaje promedio de aciertos correspondiente a los 20 ejercicios de la prueba en los tres grupos evaluados fue 79 %.



**Figura 1.** Porcentaje promedio de aciertos obtenido por los grupos evaluados en el examen.

En la figura 2 se muestran los porcentajes de los aciertos en cada una de las cuatro variables consideradas en la fórmula molecular para calificar la prueba (número de átomos de carbono, número de átomos de hidrógeno, número de heteroátomos y orden de los elementos), para cada uno de los tres grupos de estudiantes de la muestra en el curso de Química Orgánica del

ciclo 2018-1.



**Figura 2.** Porcentaje de aciertos correspondientes a cada una de las cuatro variables consideradas en la fórmula molecular para calificar la prueba en los tres grupos evaluados.

El 94 % de los alumnos de ambos grupos de Enfermería escribieron los símbolos del carbono e hidrógeno encima de las fórmulas enlace-línea, pero no los enumeraron para contarlos, llegando así a escribir la fórmula molecular correspondiente; mientras que el 100 % de estudiantes de Ingeniería Agronómica hicieron lo mismo.

Adicionalmente, en la Tabla 1 puede verse que el 93,60 % de los estudiantes de enfermería e ingeniería agronómica escribieron con efectividad la fórmula molecular de los hidrocarburos, seguido de un 74,04 % de los compuestos que contienen oxígeno y un 67,10 % de los que presentan nitrógeno.

Como es posible observar en la Tabla 2, la mayor concentración de estudiantes se encontró en el nivel alto de comprensión en los tres grupos evaluados y ninguno se situó en el rango bajo; sin embargo, la prueba de la  $X^2 = 2,692$  informa que es menor a una ji cuadrada = 9,488 para un  $gl = 4$  y un error del 5 %, por lo que no presenta diferencias significativas estadísticamente, es decir son productos del azar.

Tabla 1

Porcentaje de respuestas correctas al escribir la fórmula molecular e los compuestos evaluados.

Tipos de compuestos orgánicos	Subtipos	Carrera		
		Ingeniería Agronómica	Enfermería A	Enfermería B
Hidrocarburos	Alcanos	100,00	86,36	94,44
	Halogenuros de alquilo	76,92	86,36	77,77
	Alquenos	100,00	100,00	100,00
	Alquinos	92,31	95,45	100,00
	Hidrocarburos aromáticos	100,00	95,45	94,44
	Halogenuros de arilo	100,00	90,91	94,44
	Promedio	94,87	92,42	93,52
	Alcoholes	100,00	72,72	77,77
	Aldehídos	92,31	95,45	100,00
	Cetonas	92,31	100,00	88,89
Compuestos que contienen oxígeno	Ácidos carboxílicos	38,46	9,09	11,11
	Ácidos sulfónicos	23,08	0,00	0,00
	Anhidridos de ácidos	100,00	95,45	100,00
	Halogenuros de acilo	92,31	90,91	94,44
	Ésteres	76,92	86,36	72,22
	Éteres	100,00	95,45	100,00
	Fenoles	92,31	68,18	55,56
	Promedio	80,77	71,36	70,00
	Aminas	84,62	77,27	94,44
	Amidas	23,08	4,55	0,00
Compuestos que presentan nitrógeno	Nitrilos	69,23	100,00	94,44
	Nitrocompuestos	61,54	95,45	100,00
	Promedio	59,62	69,32	72,35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Nivel de comprensión de las fórmulas enlace línea por carrera.

		Carrera			Total
		Ingeniería Agronómica	Enfermería A	Enfermería B	
Nivel de comprensión	Bajo	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
	Medio	0 (0 %)	4 (18 %)	2 (11 %)	6 (11 %)
	Alto	13 (100 %)	18 (82 %)	16 (89 %)	47 (89 %)
	<b>Total</b>	13 (100 %)	22 (100 %)	18 (100 %)	53 (100 %)

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

En nuestro estudio hemos encontrado que el porcentaje más bajo de aciertos corresponde al orden de los elementos en la fórmula molecular, seguido por el número de hidrógenos y el más alto al número de carbonos y heteroátomos. Esto puede deberse a que cuanto más abreviada es la fórmula química, mayor es la dificultad para la comprensión de su significado (Farré, Zugbi y Lorenzo, 2014). Sin embargo, esto se puede relacionar con el olvido de los símbolos y funciones químicas (Cabrera, 2015).

Estos resultados concuerdan con Villaseñor et al. (2013) en un estudio realizado en la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, que encontró que la dificultad al escribir la fórmula molecular de la representación enlace línea es mayor para el número de hidrógenos, seguido por el orden de colocación de los elementos y menor para el número de carbonos y heteroátomos y con Farré, Zugbi y Lorenzo (2014) en un estudio realizado en la Universidad de Buenos Aires, quienes encontraron errores al escribir el número de hidrógenos en el benceno.

Si bien los alumnos relacionaron la fórmula enlace línea con la fórmula molecular, les resultó difícil diferenciar el orden alfabético para los heteroátomos, esto constituye un posible obstáculo cuando abordan escribir su correspondiente fórmula molecular. De acuerdo con Cerón et al. (2013) una de las causas de que el estudiante presente estas dificultades se debe a que algunos no recuerdan el orden alfabético. No obstante, esto puede guardar relación con la comprensión de instrucciones escritas para la resolución del examen, ya que no comprenden lo que leen, lo cual se vio reflejado en el orden incorrecto de los símbolos en la fórmula molecular y deja abierta la clara necesidad de hacer más estudios sobre el tema. Al respecto, el rendimiento académico depende de la comprensión de las palabras con que se plantean las preguntas en los exámenes (Ayala y Messing, 2013).

Por otra parte, los estudiantes no tuvieron dificultades para contar los hidrógenos enlazados a los distintos tipos de carbono (primarios, secundarios o terciarios) o enlace (sencillo, doble

o triple), más bien los errores se presentaron con los hidrógenos enlazados a heteroátomos. Al respecto, Salgado y Trigueros (2009) señalan que los problemas de conteo son difíciles, pues requieren saber qué características debe cumplir lo que se desea contar, por ejemplo, el hecho de que sea necesario o no el orden o la repetición.

La mayor parte de los estudiantes escribieron la fórmula molecular de los hidrocarburos. Estos hallazgos coinciden con Morales y Salgado (2017) quienes reportan que de un total de 32 respuestas en un test, en el 72 %, se identifica que los alumnos logran representar estructuras internas de hidrocarburos.

Un alto porcentaje de alumnos escribieron los símbolos de carbono e hidrógeno sobre las fórmulas enlace-línea, pero no los anotaron para contarlos, llegando así a escribir la fórmula molecular correspondiente. Lo anterior contradice lo afirmado por Cerón et al. (2013), quienes señalan que cuando hicieron estas preguntas a sus estudiantes, solo algunos desarrollaron los hidrógenos sobre las líneas de enlace de las fórmulas y la gran mayoría intentó contarlos mentalmente.

De acuerdo con los resultados que hemos hallado, no se encontró relación significativa entre los niveles de comprensión de las fórmulas enlace línea y las carreras universitarias de los estudiantes evaluados.

La investigación tiene limitaciones tal como que los alumnos pertenecen a una sola universidad y que la prueba utilizada solo cuenta con validez de contenido, por lo que los resultados no pueden extenderse a toda la población universitaria peruana, aunque si muestra la necesidad de evaluar la comprensión de las instrucciones para la resolución de pruebas de química.

## CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que los estudiantes participantes en la investigación tuvieron un elevado porcentaje de acierto al escribir las fórmulas moleculares como resultado de un alto nivel de comprensión de las fórmulas enlace línea, por lo que los docentes deben utilizarlas para el aprendizaje de química orgánica.

## REFERENCIAS

- Aguilar, M., Fernández, M. y Duran, C. (2011). Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Educ. quim.* 8, 23-34. Recuperado de <http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000173%5C00000072.pdf>.
- Ayala, R. y Messing, H. (2013). Comprender los enunciados en un examen escrito: ¿dónde está el problema? *Revista Cubana de Educacion Medica Superior.* 27(2), 211-219. Recuperado de [http://www.researchgate.net/publication/260777463\\_Comprender\\_los\\_enunciados\\_en\\_un\\_examen\\_escrito\\_donde\\_esta\\_el\\_problema](http://www.researchgate.net/publication/260777463_Comprender_los_enunciados_en_un_examen_escrito_donde_esta_el_problema).
- Barrera, N (2017). Integración de TIC y ABP en enseñanza de la química orgánica para estudiantes de licenciatura en biología». IX Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. IV Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Recuperado de [http://www.researchgate.net/publication/323645574\\_INTEGRACION\\_DE\\_TIC\\_Y\\_AB...](http://www.researchgate.net/publication/323645574_INTEGRACION_DE_TIC_Y_AB...)
- Brown, T., Lemay, H., Bursten B. y Burdge, J. (2004). Química. La ciencia central. Novena edición. Pearson Educación.
- Caamaño, A. (2011). Sustancias químicas elementales y compuestos químicos. Una propuesta didáctica con enfoque investigativo y de modelización en los niveles macroscópico y submicroscópico. *Investigación en la Escuela.* 45-58. Recuperado de <http://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/download/7005/6191>.
- Caamaño, A. y Oñorbe A. (2004). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique 41 Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Recuperado de [http://www.cvrecursosdidacticos.com/download\\_file.php?file=1371161757...41...pdf](http://www.cvrecursosdidacticos.com/download_file.php?file=1371161757...41...pdf).
- Cabrera, H, (2015). Los modos de representación de modelos en el curso Educación en Química con profesores en formación inicial en Ciencias Naturales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias.* 12(3), 565-580. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92041414012>.
- Castelán, M. y Hernández, G. (2009). Estrategia didáctica para apoyar la comprensión de la estequiometría a partir del uso de analogías. X Congreso Nacional de Investigación Educativa. Recuperado de <http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/carteles/1398-F.pdf>.
- Cerón, J. et al. (2013). Precisiones y comentarios sobre el artículo: Evaluación del aprendizaje en las representaciones moleculares “enlace-línea” de los compuestos orgánicos. Un estudio de caso. *Educ. quim.* 24(3), 270-277. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000300003&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2013000300003&script=sci_abstract).
- Cerro, M. y Merino, G. (2009). ¿Moléculas sin esqueleto?: La oportunidad perfecta para revisar el concepto de estructura molecular. *Educ. quim.* 20(2), 187-191. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X18300260>.
- Farré, A. y Lorenzo M. (2012). De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno. *Educ. quim.* 1-9. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187...](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187...)
- Farré, A., Zugbi, S. y Lorenzo, M. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios. El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educ. quim.* 25(1). <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v25n1/v25n1a3.pdf>.
- Galagovsky, L. y Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes.

- Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.* 8(3), 952-975. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11\\_Vol8\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N3.pdf).
- Galagovsky, L., Bekerman, D., Di Giacomo, M. y Ali, S. (2014). Algunas reflexiones sobre la distancia entre "hablar química" y "comprender química". *Ciênc. Educ.* 20 (4), 785-799. Recuperado de <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132014000400002&script=sci...tlnq...>
- García, M., Valdez, L. y Gómez, Z. (2008). Integración de visualización científica molecular en el salón de clases. *Quim. Nova.* 31 (8), 2184-2189. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n8/46.pdf>.
- Haro, J., James, G. y Romero A. (2001). Desarrollo de una fórmula general para determinar el índice de deficiencia de hidrógenos (IDH). *Educ. quím.* 12(2), 99-102. Recuperado de <http://educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf626.pdf>.
- Hernán, I., Lázaro C. y Velásquez, J. (2005). Una aplicación educativa basada en la jerarquía de Bloom para el aprendizaje de la herencia de POO. VII Simposio Internacional de Informática Educativa. Portugal. Recuperado de [http://www.researchgate.net/.../267714907\\_Una\\_Aplicacion\\_Educativa\\_Basada\\_en\\_la\\_](http://www.researchgate.net/.../267714907_Una_Aplicacion_Educativa_Basada_en_la_)
- Klein, D. (2013). Química Orgánica. Madrid. Editorial Médica Panamericana.
- Lorenzo, M., Salerno, A. y Blanco, M. (2009). ¿Puede aprenderse química orgánica en la universidad presenciando una clase expositiva? *Educ. quím.* 77-82. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187...](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187...)
- Mcmurry, J. (2012). Química Orgánica. 8ª Edición. México. CENGAGE Learning.
- Meislich, H., Nechamkin, H., Sharefkin, J. y Hademenos G. (2001). Química orgánica. Tercera edición, Mc Graw Hill.
- Morales, C. y Salgado, Y. (2017). Química orgánica en contexto y argumentación científica: una secuencia de enseñanza aprendizaje, desafíos y compromisos. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias.* 1(1), 23-46. Recuperado de <http://www.reinnec.cl/index.php/reinnec/article/view/2>.
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la química. *En Blanco & Negro.* 3(2), 38-46. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/viewFile/3862/pdf>.
- Pulido, F. y Barbero, A. (2015). "ChemDraw" para alumnos de iniciación a la Química Orgánica: Una útil herramienta docente para el dibujo de moléculas, nomenclatura, cálculo de fórmulas, simulación de espectros y el diseño espacial de estructuras tridimensionales (Química IV, 1º Grado en Química). Proyecto de Innovación Docente. Recuperado de [http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/12039/11/PID\\_28\\_2014\\_Anexo10.pdf](http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/12039/11/PID_28_2014_Anexo10.pdf).
- Raviolo, A. y Lerzo G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educ. quím.* 27, 195-204. Recuperado de <http://www.elsevier.es/es-revista-educacion-quimica-78-pdf-90455540-S300>.
- Roque, N. y Silva J. (2008). A linguagem química e o ensino da química orgânica. *Quím. Nova.* 31(4), 921-923. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422008000400034](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000400034).
- Ruiz, E., Gutiérrez J. y Garay, L. (2018). Visualizando problemas de la derivada con aplicaciones en dispositivos móviles. *Innovación Educativa.* 18(76), 39-67. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-26732018000100039&script=sci...>
- Salgado, H. y Trigueros, M. (2009). Conteo: una propuesta didáctica y su análisis». *Educación Matemática.* 21(1), 91-117. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665...](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665...)
- Solomons, T. y Fryhle, C. (2012). Química Orgánica. Volumen 1. 10ª Edicao. Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.
- Ugliarolo, E. y Muscia, G. (2012). Utilización de tecnología multimedia para la enseñanza de estereoquímica en el ámbito universitario. *Educ. quím.* 23 (1), 6-10. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187...](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187...)
- Valero, P. y Mayora F. (2009). Estrategias para el



- aprendizaje de química de noveno grado apoyadas en el trabajo de grupos cooperativos. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*. 10(1), 109-135. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/410/41012305006.pdf>.
- Villaseñor, E. et al. (2013). Evaluación del aprendizaje en las representaciones moleculares “enlace-línea” de los compuestos orgánicos. Un estudio de caso. *Educ. quím.* 24 (1), 174-179. Recuperado de <http://www.elsevier.es/es-revista-educacion-quimica-78-articulo-evaluacion-del-aprendizaje-las-representaciones-S0187893X13725114>.
- Villaseñor, E., Canchola, E., Salamé A., Ramírez, N., Cruz, F., Haro, J. (2013). 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). *Educ. quím.* 24(3), 274-277. Recuperado de [http://www.academia.edu/.../Respondiendo\\_al\\_documento\\_Precisiones\\_y\\_comentarios\\_sobr](http://www.academia.edu/.../Respondiendo_al_documento_Precisiones_y_comentarios_sobr).
- Wade, L. (2012). *Química Orgánica*. 7ª Edición. Volumen I. México. Pearson Educación.
- Zaragoza, E. Mexitli, L., Macías, J., Núñez, M., Gutiérrez, R., Hernández, D.,..., Pérez, K. (2015). Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje: lúdica en el estudio de la nomenclatura química orgánica en alumnos de la Escuela Preparatoria Regional de Atotonilco. *Educ. quím.* 27, 43-51. Recuperado de <http://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/download/4615/4351>.