

Diseño de aplicaciones móviles con Realidad Aumentada para la enseñanza de contenidos de Química Orgánica en el Nivel Universitario

Dettorre, Lucas Andrés^{1,2}; Galizia, Federico^{1,3}; Sabaini, María Belén^{1,2}

¹ Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes

Tel. +54 011 - 43657100 Roque Saenz Peña 352 / Bernal / Buenos Aires / Argentina

² Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional Arturo Jauretche

Tel. +54 011 - 42756100 Av. Calchaquí 6200 / Florencio Varela / Buenos Aires / Argentina

³ Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata

Tel. +54 0221 - 4226977 calle 115 y 47 / La Plata / Buenos Aires / Argentina

ldettorre@unq.edu.ar , fgalizia@gmail.com , msabaini@unq.edu.ar

RESUMEN



Uno de los principales obstáculos en el aprendizaje de la Química Orgánica es adquirir la capacidad de representar mental y gráficamente la estructura molecular de compuestos orgánicos. Esto se debe a que, para poder hacerlo, el estudiantado debe construir habilidades vinculadas con la modelización de estas entidades moleculares, que permitan brindar información de cómo se disponen los átomos en tres dimensiones. Esto es fundamental para poder explicar y predecir las propiedades químicas y físicas de sustancias orgánicas.

En el presente trabajo, se describirán tres aplicaciones móviles desarrolladas con la finalidad de abordar contenidos específicos de Química Orgánica en el nivel superior universitario. Las mismas fueron diseñadas utilizando imágenes con realidad aumentada (RA). Se trata de programas específicos basados en RA, creados en la Universidad Nacional de Quilmes, para funcionar en el sistema operativo Android, que están destinadas al estudio de modelos moleculares tridimensionales de compuestos orgánicos. Cada una de estas aplicaciones está pensada para abordar obstáculos del aprendizaje o contenidos de la enseñanza particulares, asociados al estudio de la estructura electrónico-molecular y a la isomería óptica y conformacional de compuestos orgánicos. No existen programas similares para el estudio de esta disciplina.

107

Palabras claves: Realidad aumentada. Química orgánica. Modelización. Representaciones moleculares. Entornos virtuales de aprendizaje.

ABSTRACT



One of the main obstacles to learn Organic Chemistry is to acquire the capability to generate mental and graphic structure of molecular entities from organic compounds. Students must construct specific abilities related to modelize this molecular entities, to get information about how atoms are arranged in three dimensions. This is a key to explain and predict chemical and physical properties of organic substances. In this work, we describe three mobile applications developed with the aim to teach and learn specific contents related to Organic Chemistry field in university education. They were designed using images with augmented reality (RA) in the National University of Quilmes, to work in operating system Android and to study molecular 3D model of organic compounds. Each application is mented to solve a learning obstacle or learn specific content about molecular and electronic structure of organic compounds, conformational and configurational isomery. There no exist similar apps to study this subject.

Keywords: Augmented reality. Organic chemistry. Modeling. Molecular representations. Virtual learning environments.

INTRODUCCIÓN

Las imágenes juegan un rol fundamental dentro del pensamiento humano y, especialmente, contribuyen al desarrollo de diversas teorías científicas (Gardner, 2001; Gilbert, 2007). Mathewson (1999) denomina "pensamiento viso-espacial" a la forma de pensamiento que contempla la "visión-uso" de los ojos para identificar, localizar y pensar acerca de los objetos en el mundo. Esto involucra acciones tales como formar, inspeccionar, transformar y mantener las imágenes en la mente, en ausencia de una señal visual. Por su parte, Gardner (2001) define "inteligencia espacial" como al conjunto de capacidades requeridas para percibir el mundo visual, para transformar y modificar las percepciones iniciales y recrear aspectos vinculados a la experiencia visual propia, aun en ausencia de estímulos físicos.

108

En cursos de grado y pregrado universitario y a partir de estudios preliminares referidos a la construcción de conocimientos asociados al aprendizaje de la Química Orgánica (Dettorre y col., 2019), hemos observado que uno de los principales obstáculos es la representación mental o gráfica de la estructura molecular de compuestos orgánicos en tres dimensiones (3D). La necesidad de construir modelos de entidades moleculares y de formar a los estudiantes para que desarrollen una inteligencia viso-espacial que les permita aplicar un conjunto de operaciones mentales a tales modelos (como rotar y trasladar moléculas en 3D, identificar la disposición espacial de átomos o grupo de átomos o rotar enlaces covalentes) es fundamental para construir un conocimiento profundo de la estructura electrónico-molecular de los compuestos orgánicos. De manera análoga, numerosos trabajos reconocen la dificultad que representa para los estudiantes el manejo de representaciones tridimensionales, incluso en el nivel universitario (Perren y Odetti, 2006; Pérez Benítez, 2008).

Para ello, suelen utilizarse recursos como los modelos a escala de esferas y palillos o los

modelos de radios de van der Waals, que permiten que los estudiantes puedan construir una amplia gama de estructuras moleculares y manipularlas con sus manos. Este tipo de referentes concretos suelen facilitar la aprehensión de habilidades relacionadas con la construcción mental de este tipo de modelos (habilidades viso-espaciales) y su internalización. A pesar de esto, el hecho de no contar con una elevada cantidad de modelos o de que los estudiantes no puedan disponer de ellos en horarios extra clase, llevan a que su uso se limite al espacio del aula.

Ante esta situación, la disponibilidad de herramientas digitales destinadas a promover estos aprendizajes constituye un aporte sustancial para posibilitar la constitución de modelos de enseñanza 1 a 1. En este sentido, la utilización de dispositivos móviles, como los teléfonos celulares, resulta ser una alternativa para aumentar el acceso de los estudiantes a recursos digitales destinados a la modelización y con ello, se amplía el abanico de posibilidades al uso de nuevas tecnologías como la Realidad Aumentada (RA).

La RA es una tecnología inmersiva novedosa vinculada con la realidad virtual (RV), en la que se considera que toda visualización (realidad) que se cree mezclando el entorno real y el virtual, forma parte de una "realidad mezclada" o "realidad híbrida", donde el contenido es fundamentalmente real (Ruiz-Torres, 2011). En otras palabras, consiste en la observación de un entorno físico del mundo real, por medio de un dispositivo tecnológico, combinando los elementos físicos tangibles con elementos virtuales o digitales y logrando, de esta manera, crear una realidad aumentada en tiempo real. La RA posee numerosas aplicaciones, una de las principales se vincula con la posibilidad de modelar objetos. Los modelos se pueden generar, manipular y hacer girar con gran velocidad (Almgren y col., 2005; Lee, 2012).

La coexistencia de objetos virtuales y entornos reales permite a los estudiantes hacer explícitas relaciones espaciales complejas y conceptos

sumamente abstractos, visualizar objetos y fenómenos poco accesibles en el entorno habitual de aprendizaje, interactuar con objetos bi y tridimensionales en una "realidad híbrida" y promover habilidades y conocimientos que no pueden ser desarrollados empleando otras tecnologías (Cuendet y col., 2013).

En el campo de la didáctica de la química, existen pocos recursos de acceso libre y gratuito para estudiar química con RA y, en general, se limitan a contenidos de química general e inorgánica. En este trabajo, se describirán tres aplicaciones móviles específicas basadas en RA, diseñadas en la Universidad Nacional de Quilmes para funcionar con el sistema operativo Android y para modelizar estructuras moleculares 3D en Química Orgánica. Cada programa está pensado para abordar obstáculos del aprendizaje o contenidos de la enseñanza particulares: 1) la estructura electrónico-molecular de compuestos orgánicos; 2) la isomería óptica y; 3) la isomería conformacional.

Para cada uno de ellos, se describirán sus características, los modelos 3D representados en cada uno, los obstáculos del aprendizaje que se pretenden sortear empleando este tipo de estrategias y propuestas didácticas destinadas a enmarcar el empleo de software con RA en la enseñanza y promover el aprendizaje de contenidos específicos del campo de la Química Orgánica en el nivel universitario. Es importante resaltar que no existen programas similares para el estudio de esta disciplina empleando RA.

ASPECTOS METODOLÓGICOS GENERALES VINCULADOS AL DISEÑO DE LAS APLICACIONES CON REALIDAD AUMENTADA

Con el objetivo de promover mejoras en los aprendizajes de contenidos específicos de la asignatura Química Orgánica de las carreras del Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ, se llevó a cabo el diseño de las aplicaciones móviles. Este proceso involucró un trabajo integral que comenzó con la identificación de las problemáticas de la enseñanza y

aprendizaje vinculadas al estudio de modelos tridimensionales de compuestos orgánicos, la selección de contenidos en los cuales tuviese potencial aplicación la RA y el diseño gráfico de los objetos tridimensionales, para culminar en el diseño y programación de las aplicaciones propiamente dichas. Con ese fin, se buscaron y seleccionaron los programas específicos que permitieran la producción y diseño de las aplicaciones, que fueran recuperables desde la internet y que, como condición necesaria, fueran de acceso libre y contasen con licencia gratuita.

En una primera instancia, se diseñaron los modelos tridimensionales que se deseaba visualizar en las aplicaciones. Para ello, se tuvo en cuenta que los modelos moleculares fueran representaciones químicamente correctas. Esto implicó, por un lado, respetar las proporciones entre radios atómicos, longitudes de enlaces químicos y ángulos de enlace, y por otro, que cumplieran con las condiciones que permitieran su correcta animación. También se tuvo en cuenta la convención de colores para los distintos elementos (por ejemplo, color blanco para los átomo de hidrógeno, negro para los átomos de carbono, etc.), incluyendo algunas variaciones para que sean accesibles a personas con ceguera al color).

Para el diseño de los modelos tridimensional, se utilizó el programa *SketchUp*. Luego se diseñaron las imágenes que servirían como marcadores para las aplicaciones. Para ello, se tuvo en cuenta que cumplieran con ciertos requerimientos para que pudieran ser reconocidas por las aplicaciones. En el diseño gráfico se usó el programa *Inkscape*. Y para ajustes, correcciones y cambios de formatos, el programa *GIMP*. Finalmente, para la realización de las aplicaciones, se implementó el programa *Unity 2019*, que permite producir aplicaciones con entornos físicos tridimensionales en los que es posible establecer interacciones con el usuario (*Unity* es un programa ampliamente utilizado en el diseño y programación de juegos en 2D y 3D). Para añadirle la funcionalidad de realidad aumentada al entorno de *Unity*, se usó la plataforma *Vuforia Engine*.

A modo de resumen, la metodología de trabajo desarrollada involucró los siguientes pasos:

1- Selección de los contenidos de Química Orgánica que requieren de habilidades visoespaciales para su comprensión.

2- Identificación de posibles obstáculos en el aprendizaje asociados a esta temática.

3- Búsqueda de aplicaciones móviles en RA aplicables a la enseñanza de la disciplina y al abordaje de los contenidos seleccionados.

4- Selección de los objetos a representar tridimensionalmente.

5- Construcción de los objetos tridimensionales (modelos moleculares de orbitales o de esferas y varillas) y su conversión a la plataforma de RA.

Las aplicaciones obtenidas como resultado de este proceso fueron tres: "QORA", "ISOMERÍA CONFORMACIONAL" e "ISOMERÍA CONFIGURACIONAL"

RESULTADOS DEL PROCESO DE DISEÑO DE LAS APLICACIONES MÓVILES CON REALIDAD AUMENTADA

Cuando se pensó en la posibilidad de emplear aplicaciones de RA para dispositivos móviles como herramientas didácticas, se realizó una búsqueda exhaustiva en los repositorios de recursos educativos abiertos destinados a la enseñanza de la química y no se encontró ninguna aplicación que satisficiera exactamente la temática que se quería abarcar. Y, si bien existen algunas aplicaciones que se aproximan conceptualmente, no usan la realidad aumentada; objetivo clave para esta nueva serie de aplicaciones.

Todas las aplicaciones desarrolladas en este proyecto cuentan con una pantalla de inicio, en la que aparece el nombre de la aplicación, el logotipo de la UNQ y una botonera que permite ingresar a diferentes pantallas, en las cuales, al levantar un marcador específico con la cámara de un dispositivo móvil, se genera el modelo u objeto 3D correspondiente. Además, se suma un botón que permite acceder a una ayuda, la cual

cuenta con una breve descripción referida a cómo utilizar la aplicación y un enlace externo para la descarga de los marcadores (en formato .pdf).

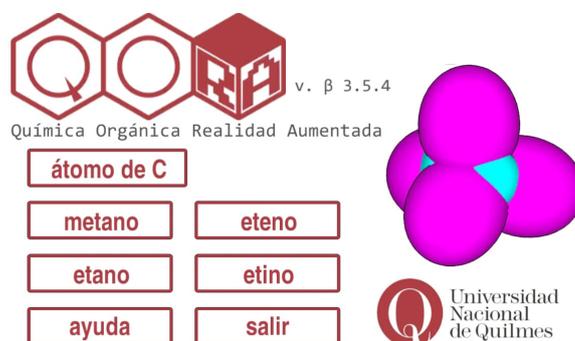


Figura 1. Pantalla inicial de la aplicación QORA

A continuación, se describe cada una de las aplicaciones, algunos de los modelos tridimensionales que se visualizan en cada caso y las potencialidades de uso para la enseñanza.

CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN "QORA"

Se trata de la primera aplicación desarrollada en conjunto con la Dirección de Materiales Didácticos de la Secretaría de Educación Virtual de la UNQ y su nombre, QORA, proviene de las siglas de "Química Orgánica Realidad Aumentada". Con este programa, es posible visualizar modelos de esferas y varillas y modelos orbitales de las moléculas de hidrocarburos sencillos: metano, etano, eteno y etino. Esto último significa que los usuarios pueden conocer la forma de los orbitales atómicos y de las uniones covalente que resultan de superponer o solapar estos orbitales. Además, es posible analizar la disposición 3D de los orbitales atómicos híbridos y no híbridos para el carbono aislado, con cada una de sus tres hibridaciones posibles.

Esta aplicación permite representar modelos de orbitales para el átomo de carbono con diferentes hibridaciones (sp^3 , sp^2 y sp) y para moléculas orgánicas sencillas (con pocos átomos de carbono), indicando en estas últimas los orbitales moleculares enlazantes o uniones

covalentes sigma y pi. Además, es posible representar los ejes cartesianos x, y y z.

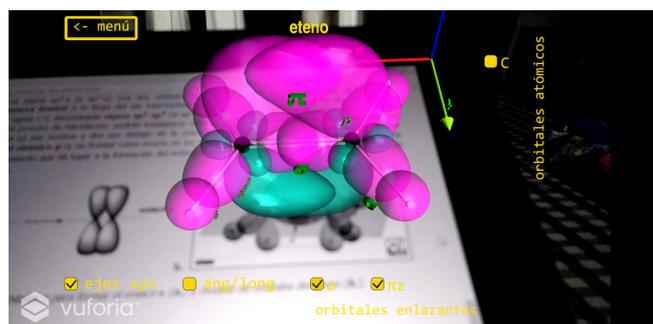


Figura 2. Imagen aumentada generada con la aplicación QORA. En este caso, se trata de una representación modelica de orbitales atómicos y moleculares para la molécula eteno, obtenida de la captura de pantalla de un dispositivo móvil al enfocar con su cámara un marcador embebido en un material didáctico multimedia.

Los estudiantes, hasta el momento de cursar Química Orgánica, han construido modelos muy sencillos acerca de cómo es la forma de las moléculas y su geometría en cursos previos. Para ello, se emplean teorías químicas como la Teoría de Lewis (TL) y la Teoría de Repulsión de Pares Electrónicos de Valencia (TRPEV). La aplicación QORA propone construir modelos más complejo, basados en postulados de teorías mecánico-cuánticas o químico-cuánticas -como la Teoría de Enlace de Valencia (TEV) o la Teoría de Orbitales Moleculares (TOM)- que brindan más información, ya que no sólo explican la geometría electrónica y molecular de las entidades orgánicas, sino que, además, permiten fundamentar las diferencias entre las longitudes de los distintos tipos de enlaces (simples, dobles y triples), reconocer regiones de la molécula con libre rotación y de rotación restringida o impedida.

CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN "ISOMERÍA CONFORMACIONAL"

En esta aplicación, el objetivo es analizar el comportamiento conformacional de compuestos lineales (como el etano y el butano) y cíclicos (ciclopentanos y ciclohexanos). En este caso, es posible animar los objetos de manera tal de lograr visualizar la rotación de uniones sigma

carbono-carbono.

A diferencia de la aplicación QORA, los modelos tridimensionales de esta aplicación están animados (no son estáticos), lo cual permite dar cuenta de los procesos físicos dinámicos que involucran el cambio o interconversión de una conformación en otra.

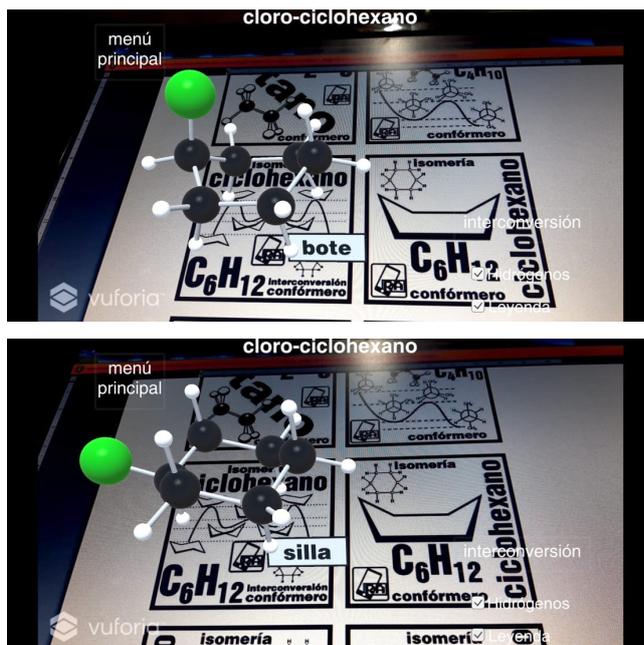


Figura 3. Representación modelica de las conformaciones de "silla" y "bote" para el clorociclohexano, generada por la aplicación "ISOMERÍA CONFORMACIONAL". Al presionar el botón "interconversión", se habilita una animación que permite simular el proceso de cambio conformacional.

CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN "ISOMERÍA CONFIGURACIONAL"

Esta aplicación fue pensada para abordar la noción de asimetría o quiralidad en compuestos orgánicos. Dentro de sus objetivos fundamentales, se espera que los estudiantes puedan: 1) reconocer y visualizar con facilidad planos de simetría interna presentes en una molécula orgánica; 2) identificar y asignar prioridades de los sustituyentes en torno a un estereocentro (en carbonos quirales, cumulenos y atropisómeros) y los distintos grados de libertad en la rotación de ciertos enlaces sigma; 3) asignar la configuración absoluta de un centro

de asimetría: configuración *R/S* de carbonos quirales, alenos y bifenilos tetrasustituídos; y 4) estudiar y reconocer la configuración absoluta de algunas biomoléculas sencillas de interés en química biológica, en particular, aminoácidos y monosacáridos.

Al igual que en la aplicación anterior, algunos objetos están animados para mostrar la rotación libre o parcialmente restringida de algunas uniones simples carbono-carbono.

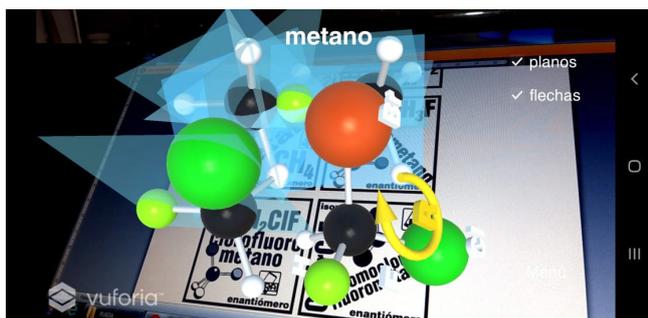


Figura 4. Representación de modelos moleculares de diferentes metanos, generada con la aplicación "ISOMERÍA CONFIGURACIONAL". En la imagen, se muestran en celeste, planos de simetría interna presentes en las diferentes moléculas, y en amarillo, la asignación de la configuración absoluta para un compuesto con un átomo de carbono quiral.

112

CONCLUSIONES

El diseño de aplicaciones de RA destinadas al abordaje de contenidos específicos de Química Orgánica busca promover el desarrollo de nuevas estrategias y recursos para proveer de soluciones puntuales a problemas de la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina, al permitir generar modelos concretos para representar entidades submicroscópicas que, de ser abordadas de manera tradicional, requieren de un elevado grado de abstracción. Asimismo, permiten disponer de tecnologías móviles y de acceso gratuito, que promueven el desarrollo del aprendizaje ubicuo y que posibilitan prescindir de modelos moleculares a escala, cuyo número no alcanza para satisfacer la demanda de todo el estudiantado por ser de un costo elevado.

Como parte del proyecto, se prevé implementar

estas aplicaciones en propuestas didácticas innovadoras, tanto en aulas presenciales como virtuales, y evaluar sus efectos reales sobre los aprendizajes de los estudiantes, en comparación con grupos que no emplearán estas herramientas para abordar esos mismos contenidos.

Finalmente, se están desarrollando otras aplicaciones destinadas a modelizar equipos o aparatos de laboratorio para suplir la demanda de recursos tecnológicos destinados al abordaje de contenidos vinculados con las técnicas de purificación, separación y aislamientos de compuestos orgánicos en el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Almgren, J., Carlsson, R., Erkkonen, H., Fredriksson, J., Møller, S., Rydgård, H., Österberg, M., Bötschi K., Fjeld, M. Tangible User Interface for Chemistry Education: Visualization, Portability and Database. SIGRAD. Linköping University, 2005: 19-24.
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S. y Dillenbourg P. (2013). Designing augmented reality for the classroom, *Computers & Education*, 68, 557-569.
- Detorre, L., Gudiño, E., Sabaini, M. y Valino, A. (2019). Errores conceptuales y obstáculos en el aprendizaje de la isomería espacial de compuestos cíclicos en un curso universitario de química orgánica. Actas XXXII Congreso Argentino de Química, Buenos Aires, Argentina: AQA (Asociación Química Argentina).
- Free Software Foundation, Inc. (2007). Inkscape (0.92.3) [Software].
- Gardner, H. (2001). Estructura de la mente: teoría de las inteligencias múltiples. Colombia: Fondo de Cultura Económica.
- Gilbert, J.K. (2007). Visualization: a metacognitive skill in science and science education. En

Gilbert, J.K. (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Estados Unidos: Springer.

Lee, K. (2012) *Augmented Reality in Education and Training, TechTrends*. 56 (2) 13-21.

Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33–54.

Pérez Benítez, A. (2008) La equivalencia entre las paridades de los intercambios de dos sustituyentes y las reflexiones especulares, en la determinación de la quiralidad de átomos tetraédricos: ¡Una demostración con espejos! *Educación Química*. 19 (2): 146-151.

Perren, M. y Odetti, H. (2006) Dificultades especiales en un curso de Química General. *Educación en la Química*, 12 (1): 3-11.

Ruiz-Torres, D. (2011). 2005 Realidad aumentada, educación y museos, *Icono 14*, 2, 212-226.

Spencer Kimball, Peter Mattis y el equipo de desarrollo de GIMP (2014). GIMP (2.8.14) [Software].

Trimble Navigation Limited (2015). SketchUp 2016 (16.0.19912) [Software].

Unity Technologies (2019). Unity (2019.1.0f2) [Software].

