

# CONTRACCIÓN CARDÍACA Y LA PROMOCIÓN DE LA VISUALIZACIÓN A TRAVÉS DE UNA SECUENCIA CON REALIDAD AUMENTADA

Cristian Merino Rubilar, Alexis A. González  
*Instituto de Química. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*

Pablo A. Lizana  
*Instituto de Biología. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*

Sonia Pino  
*Centro Zonal Costadigital. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*

**RESUMEN:** Conocer en profundidad el funcionamiento del cuerpo humano es uno de los fenómenos más complejos dado que hay procesos que ocurren de forma simultánea, con una cinética muy alta y en una escala inapreciable para el ojo humano. Si bien se pueden encontrar modelos visuales, como diagramas y animaciones que se utilizan para representar a estos hechos a una escala mayor, para ayudar a los estudiantes en la construcción de conocimiento de los contenidos, estos modelos son escasos y costosos como para poder implementarlos masivamente en docencia. El objetivo fue diseñar, implementar y evaluar secuencias de aprendizajes para la asignatura de fisiología, implementando y validando, según fases de una ingeniería didáctica, una secuencia para el aprendizaje de estos contenidos con inclusión de realidad aumentada como recurso tecnológico y dar cuenta de las producciones de los estudiantes.

**PALABRAS CLAVE:** Propuestas didácticas para la educación científica universitaria, modelización, visualización, secuencia.

**OBJETIVO:** Diseñar e implementar una propuesta de secuencia para promover la visualización de la anatomía y fisiología de la contracción cardiaca y dar cuenta de las producciones de los estudiantes.

## MARCO TEÓRICO

La ciencia trata de proporcionar explicaciones perfectibles para los fenómenos naturales. Sin embargo, los 'fenómenos' no son confeccionados: imponemos nuestras ideas de lo que podría ser importante en la complejidad del mundo natural (Merino y Izquierdo, 2011). Los modelos pueden funcionar como un puente entre la teoría científica y la experiencia, de cómo es el mundo (realidad) de dos maneras: a) pueden actuar, como representaciones simplificadas de la realidad observada (fenómenos ejemplares) producidos para fines específicos, a los que se aplican entonces las abstracciones de la teoría y b) como idealización de una realidad imaginada, basada en las abstracciones de la teoría, producidos de manera cómo se observa la realidad, sobre la cual se pueden hacer comparaciones con el fenómeno o familia de fenómenos (Izquierdo, 2000).

Así la ‘visualización’ parece implicar una visión realista ingenua del mundo: lo que está “ahí fuera” debe tener el mismo impacto en todos los cerebros. Sin embargo, Reisberg (1997) plantea la posibilidad de una construcción personal del conocimiento que se apoya en aquello que se conoce acerca de cómo trata el cerebro los fenómenos ópticos. La asociación es estrecha sobre términos relacionados con la actividad cerebral (Honey, 1988). Por lo tanto, ambos conservan la disposición espacial de un objeto. Esto se debe a la velocidad con la que una persona es capaz de cambiar el foco de atención de la imagen, hacer zoom en relación con él, y girar. Por otra parte, ambos proporcionan una mayor discriminación de detalle en el centro del objeto más que en otra zona de la imagen. Asimismo, la percepción visual es selectiva y esta selectividad es responsable, en parte, de las diferencias cualitativas entre cualquier imagen visual producida posteriormente. En resumen, la “realidad”, los productos de la “percepción visual” y la “imagen visual”, pueden diferir bastante y esto en la enseñanza de las ciencias puede provocar o inducir a un error ontológico u obstáculo epistemológico. Como se puede apreciar la visualización desempeña un papel importante en la educación científica. Como toda la visualización se realiza sobre la base de un modelo, se presenta un problema epistemológico y ontológico, dado que los modelos son colocados en el espacio público (libros de texto, videos, tv, etc.) a través de una serie de “modos y sub-modos” de representación. La visualización es fundamental para el aprendizaje, especialmente en las ciencias, porque los estudiantes tienen que aprender a desplazarse entre y por los modos de representación (micro, macro, simbólico). Por lo tanto, se argumenta que los estudiantes para aprender ciencias deben desarrollar una capacidad metavisual (Brooks, 2009). Si la visualización es un aspecto importante de la educación - especialmente en las ciencias, donde la percepción es el principal foco de interés, entonces no poseer una competencia metavisual tendría graves consecuencias para las oportunidades de aprendizaje. En esta línea autores como John Gilbert (2008) han avanzado lo suficiente como para proponer niveles de desempeño, que podríamos usar como recurso para evaluar la capacidad de visualización de nuestros estudiantes, los cuales hemos adaptado para dar cuenta de los progresos de los estudiantes en este estudio.

### **Descripción del recurso**

Para promover la visualización, se ha considerado el uso de realidad aumentada (RA). Entenderemos por RA la combinación de ambientes reales, a los cuales se incorpora información en formato digital, con el fin de ampliar lo que nuestros sentidos captan sobre situaciones de la realidad. Esto se puede visualizar en una pantalla donde se mezclan la realidad captada por una cámara (en tiempo real) y la información virtual creada previamente y sincronizada a través de marcas (p. ej., tarjetas con dibujos o diagramas en blanco y negro) o por posicionamiento geográfico (vinculado al uso de internet). Esto se concreta en la siguiente descripción: una cámara enfoca el ambiente real, donde el usuario cuenta con una o más marcas, las cuales se programan para asociarse a determinadas imágenes, estáticas o animadas en tres dimensiones (3D) de un compuesto químico, célula, u otro contenido; sucesivamente, otros marcadores pueden ser asociados a otras imágenes. De esta forma, cuando el usuario alinea marcadores frente a una cámara, ésta lo reconoce y los traduce, mostrando la imagen 3D asociada. Al utilizar más de un marcador a la vez, se puede visualizar una imagen/animación 3D nueva que ilustra, por ejemplo, el surgimiento de un nuevo compuesto químico. Vincular el diseño de una SEA con el uso de RA ofrece la posibilidad de transitar desde un contexto de interacción y gestión de la información 2D a uno en 3D, con lo cual se construyen puentes entre la teoría y la experiencia práctica en la construcción de aprendizaje científico (Merino et al, 2015). Los mecanismos de contracción cardíaca representan fenómenos complejos a nivel macro y microscópicos, los cuales pueden representarse de manera integrada para el mejor entendimiento. Ambos procesos se utilizarán en la siguiente propuesta.

## METODOLOGÍA

El recurso SPECTO que se ha desarrollado aborda el fenómeno de la contracción cardiaca desde una mirada interdisciplinar. Los cursos de fisiología, bioquímica y anatomía buscan explicar este fenómeno para los estudiantes, proporcionando diversas estrategias y recursos para dar a conocer aquellos procesos. Sin embargo, los recursos con que se cuentan hoy para desarrollar una docencia de calidad dista de aquellos centros avanzados que pueden contar con muestras frescas o plastinadas e instrumental para dar a conocer de mejor forma el cómo ocurre éste proceso biológico de una manera integral. En este sentido, se han implementado recursos de modelos 3D a escala real de secciones anatómicas con buenos resultados de aprendizaje en estudiantes universitarios (Lizana 2015), para suplir – en parte – la falta de material cadavérico.

La secuencia diseñada consta de cuatro actividades (Sanmartí, 2002) y progresa desde un nivel representacional macro, hacia uno micro, donde las situaciones problema y objetivos de aprendizaje se describen en tabla 1 y en la figura 1 se ilustra la segunda actividad.

Tabla 1.  
Síntesis de las actividades

<i>Actividad</i>	<i>Objetivo</i>
A1. El corazón	Reconocer las diferentes partes del corazón y los eventos del ciclo cardiaco a nivel anatómico durante su funcionamiento
A2. El latido del corazón	Entender los mecanismos que regulan el latido del corazón.
A3. Alteraciones cardiacas	Reconocer posibles alteraciones en la función normal del corazón, entendiendo la fisiología desde la fisiopatología
A4. Nivel molecular	Reconocer a nivel molecular los eventos asociados a la contracción cardíaca

SPECTO Cardíaco, se constituye de un guión docente y un cuadernillo para el estudiante en formato impreso (también disponible en formato PDF), y una APK (sigla en inglés, Android Application Package) para ser cargada en cualquier dispositivo Smartphone o Tablet con sistema operativo Android 4.1 o superior. Una vez activada la aplicación en el dispositivo, se gatilla desde la guía de trabajo del estudiante (ver figura 1). En el texto van apareciendo marcas que si el estudiante las apunta con su Smartphone, puede ir visualizando el material en RA, videos, animaciones en 3D o simuladores, dependiendo de la actividad.

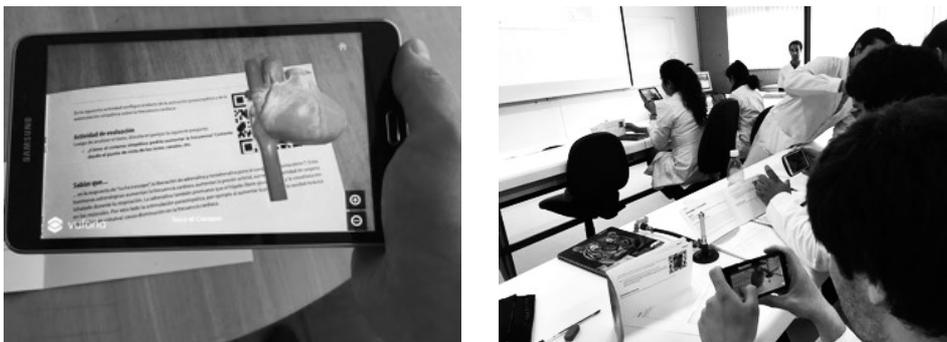


Fig.1. Ejemplo al interior de la aplicación y estudiantes trabajando con la APK

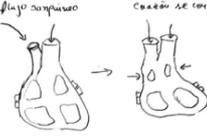
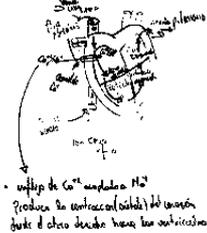
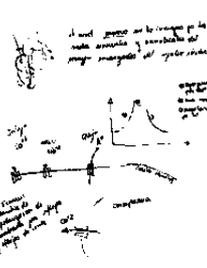
Para desarrollar este recurso, se utilizó Unity 3D 5.1. Unity permite desarrollar el ambiente, diagramación, efectos de luz, programación de sonido, etc. Para la incorporación de RA se utilizó el SDK Vuforia en su versión 6. Ambos software son gratuitos (sin fines comerciales). Para descargar aplicación ir a GooglePlay en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cl.PUCV.SpectroCardiaco&hl=es>

Para el monitoreo de los aprendizajes, los estudiantes trabajaron con los siguientes instrumentos: a) test de entrada, b) guía de trabajo, c) test de salida, d) cuestionario de evaluación de la actividad, e) pauta de evaluación de la APK.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar las respuestas recurrimos a la propuesta de John Gilbert sobre representación y visualización en ciencias, adaptando los niveles a los ejemplos encontrados (Gilbert, 2008). La muestra piloto corresponde a 16 estudiantes de un curso de Fisiología para carreras de Bioquímica, que se encuentra en 3º año del Plan de Estudios respectivo.

Tabla 3.  
Niveles de competencia representacional (adaptado de Gilbert, 2008)

Niveles	Descripción	Ejemplo
Nivel 1 – Representación como una descripción	Al pedirle al estudiante que represente el fenómeno de la contracción cardiaca, la persona genera representaciones del fenómeno basandose sólo en sus características físicas, esto es, la representación es descripción isomórfica, icónica del fenómeno a un solo punto temporal.	
Nivel 2 – Capacidades simbólicas primitivas	El estudiante explica el proceso de contracción cardiaca, dibujando partes del corazón y adicionalmente incluye la variable, p.e. flujo, interacción con aspectos externos, p.e exigencia física. Pero siempre a nivel macroscópico.	
Nivel 3 – Uso sintáctico de representaciones formales.	El estudiante explica el proceso de contracción cardiaca, dibujando partes del corazón y adicionalmente incluye la variable p.e. flujo, interacción con aspectos externos, p.e exigencia física. Cambia de escala de nivel macro a micro para explicar las interacciones con otras estructuras y procesos celulares, aunque las entidades de los procesos puede no ser interpretada correctamente desde el punto de vista científico. Adicionalmente es capaz de utilizar correctamente representaciones formales pero se centra en la sintaxis de uso.	
Nivel 4 – Uso semántico de representaciones formales.	El estudiante explica el proceso de contracción cardiaca, partes del corazón y adicionalmente incluye la variable p.e. flujo, interacción con aspectos externos, p.e exigencia física. Adicionalmente es capaz de utilizar correctamente representaciones formales pero se centra en la sintaxis de uso, como también es capaz de utilizar correctamente representaciones formales y/o equivalentes. Incluye por ejemplo moléculas de CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , o iones Na <sup>+</sup> y Ca <sup>2+</sup> y su relación con el proceso de respiración. El alumno espontáneamente usa representaciones para explicar el fenómeno, resolver un problema y hacer predicciones.	

<p>Nivel 5 – Uso reflexivo</p>	<p>Resuelve una situación problema eligiendo una representación previa para explicar el fenómeno a un tercero. También incluye gráficos, ecuaciones o esquemas para expresar ideas complementarias o equivalentes. Además identifica factores clínicos, p.e infarto, insuficiencia cardíaca, otros, que afectan a procesos de contracción, siendo capaz de entender que los modelos usados son representaciones de la realidad basados en datos y/o conocimiento científicos anteriores. Discrimina tipos de representación dependiendo del contexto.</p>	
------------------------------------	---	---

La clasificación de los dibujos elaborados en los test de entrada y salida se presentan en la figura 2.1 en relación a los niveles logrados por el curso y 2.2 por cada estudiante.

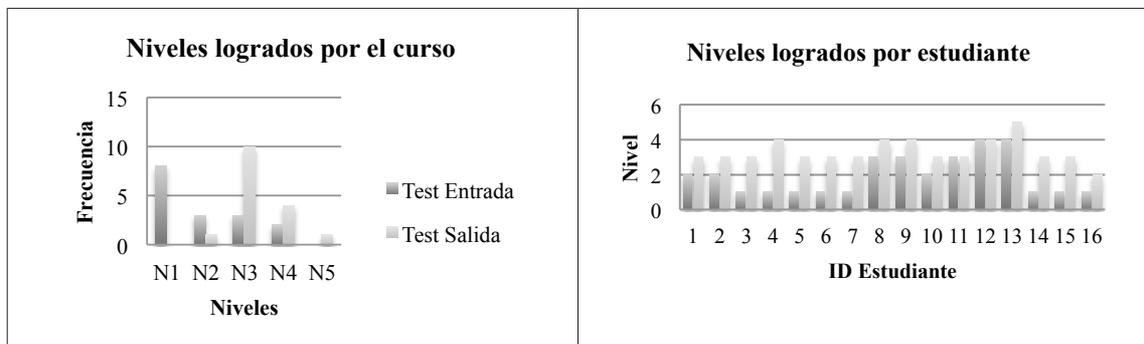


Fig.2.1. Resultado grupo curso

Fig.2.2. Resultado por cada estudiante

En la figura 3.1 se observa diferencias sustanciales en las producciones de los estudiantes. Del 50% de las producciones de los estudiantes clasificadas en Nivel 1, sobre descripción del fenómeno, los estudiantes han elaborado representaciones basadas sólo en sus características físicas. Por ejemplo, dibujan siluetas del cuerpo humano ubicando la zona del corazón y factores externos cuya consecuencia es el aumento o disminución de la frecuencia cardíaca. Se podría suponer una confusión en los estudiantes entre frecuencia y contracción cardíaca, como una de las diferentes concepciones reportadas en otros estudios sobre el sistema circulatorio (Arnaudin, 1985). Por el contrario, en el test de salida, se observa una transición por sobre el 63% hacia el Nivel 3 en el uso de representaciones formales que incluyen características físicas, tanto observables como no observables, entidades o procesos subyacentes (Gilbert, 2008).

En relación al cuestionario de evaluación de la actividad por parte de los estudiantes, se aplicó un cuestionario de opinión de cuatro afirmaciones con una escala Likert de cuatro opciones: Totalmente en desacuerdo (TD), En desacuerdo (D), Acuerdo (A) y finalmente Totalmente de acuerdo (TA). Adicionalmente se les solicitó describir fortalezas, debilidades y sugerencias para futuras implementaciones. Los resultados se sistematizan en la tabla 4. Se aprecia alta valoración tanto la actividad realizada como el recurso, destacando como fortaleza por parte de los estudiantes [...] *La realidad aumentada, aumento mi interés por estudiar los conceptos [...]*. Por el contrario las debilidades se centraron en aspectos técnicos como: [...] *El recurso consume demasiada batería [...]*, [...] *no todos poseen Android [...]*, [...] *mejorar audio*.

Tabla 4.  
Resultados cuestionario de opinion estudiantil sobre la actividad de aprendizaje

<i>AFIRMACIONES</i>	<i>TA</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>TD</i>
La metodología de aprendizaje utilizada ha aumentado mi motivación por la unidad.	8	7	0	1
Las actividades de aprendizajes en las cuales se utilizó realidad aumentada me han ayudado a aprender más los contenidos tratados en clases.	12	3	0	1
El material utilizado en este curso (realidad aumentada) está bien diseñado, pues se asemeja a la realidad.	8	6	1	1
Recomiendo utilizar la metodología de la enseñanza en esta asignatura para futuros cursos.	14	1	0	1

Finalmente la encuesta sobre evaluación de la APK se implemento un cuestionario que busca evaluar: funcionalidad, diseño gráfico y lenguaje. Las afirmaciones fueron evaluadas por estudiantes en una escala de 1 a 7. Los resultados se presentan en la tabla 5. Si bien, los promedios a los aspectos a evaluar son altos, las observaciones para mejorar la aplicación se centraron en: funcionalidad de los botones, giro en 360° de las infografías, demasiadas pausas en el audio de actividad de visualización de animación.

Tabla 5.  
Resultados cuestionario de evaluación de la APK

<i>CRITERIOS</i>	<i>X</i>
Funcionalidad (fluidez de la aplicación, ubicación de botones, etc)	6,3
Diseño (Pertinencia, claridad y tamaños de los textos, colores de entorno gráfico, etc.)	6,4
Lenguaje (Lenguaje utilizado es comprensible, claridad en la redacción, etc)	6,5

## CONCLUSIONES

Se ha avanzado en el diseño, implementación y evaluación de una propuesta para la educación científica universitaria, sustentada en una secuencia con inclusión tecnológica. Los datos preliminares nos proporcionan algunos indicios de: a) el diseño de clase en un aula universitaria con el apoyo de secuencias problematizadoras que incorporan tecnología favorece y crea puentes entre la teoría y los fenómenos que explica. Especialmente en acortar la brecha entre los sib-modos de representación macro y micro, b) la visualización como una competencia a promover en carreras asociadas a la ciencia se ve favorecida con el uso de RA es especial en los procesos de que implican cambio de escala. Sin embargo, se requiere continuar trabajando en los aspectos técnicos para mejorar funcionalidad, diseño y transición fluida de los componentes (imagen, audio y video) del recurso en función del hardware y software disponible en smarphone o tablet.

## AGRADECIMIENTOS

- Programa de Mejoramiento e Innovación de la Docencia Universitaria. Dirección de Desarrollo Curricular y Formativo (DDCyF). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Proyecto Fondecyt 1150659. Diseño, validación y evaluación de secuencias de enseñanza aprendizaje en ciencias para promover capacidad metavisual mediante realidad aumentada. (CONICYT). Gobierno de Chile

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNAUDIN, M. W. , MINTZES, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross age study. *Science Education*, 69, 721-733.
- GILBERT, J. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. et al. Gilbert (Ed.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 3–24). London: Springer.
- HONEY, J. N. (1988). Models in biology: form and function. *Journal of Biological Education*, 22(4), 295-300. doi: 10.1080/00219266.1988.9655003
- IZQUIERDO, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. In F. Perales & P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 35–64). Alcoy: Marfil.
- LIZANA, P.A., MERINO, C., BASSABER, A., HENRÍQUEZ, R., VEGA-FERNÁNDEZ, G, BINVIGNAT, O. (2015). Learning Human Anatomy Using Three-Dimensional Models Made from Real-Scale Bone Pieces: Experience with the Knee Joint among Pre-Service Biology Teachers. *International Journal of Morphology*, 33(4), 1299-1306.
- MERINO, C., & IZQUIERDO, M. (2011). Contribution to modelling in chemical change | Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación Química*, 22(3).
- MERINO, C., PINO, S., MEYER, E., GARRIDO, J. M., & GALLARDO, F. (2015). Augmented reality to design teaching-learning sequences in chemistry | Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2).
- REISBERG, D. (1997). *Cognition*. New York: Norton.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Madrid: Síntesis.

