



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE MAGÍSTER EN EDUCACIÓN  
MENCIÓN INFORMÁTICA EDUCATIVA**

**APRENDIZAJE A TRAVÉS DE ANIMACIONES TRIDIMENSIONALES EN ALUMNOS  
DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN  
EDUCACION, MENCION INFORMATICA EDUCATIVA**

**TESISTA : CHRISTIAN JOHANN WAYMANN BECERRA**

**PROFESOR GUÍA : PABLO LOPEZ ALFARO**

**SANTIAGO – CHILE**

**2011**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Marco Guzmán, Luis Romero y Rodrigo Pérez, académicos de la Escuela de Fonoaudiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Al Instituto de Ciencias Biomédicas y Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Al equipo humano de Lumina, especialmente a Ana María Campos, compañera de proyecto y de tantas otras iniciativas. Sin lugar a dudas su aporte en esta investigación ha sido crucial, su enorme capacidad y voluntad han iluminado este trabajo cuando el rumbo parecía perderse.

## **TABLA DE CONTENIDOS.**

RESUMEN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	
1.1 EL PROBLEMA Y SUS ANTECEDENTES.....	8
1.2 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	9
1.3 HIPÓTESIS.....	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EDUCACIÓN SUPERIOR.....	11
2.2. LA ENSEÑANZA SUPERIOR EN CIENCIAS.....	17
2.3 APRENDIZAJE MULTIMEDIA.....	29
2.4 TECNOLOGÍAS DE VISUALIZACIÓN Y EDUCACIÓN SUPERIOR EN CIENCIAS.....	36
2.5 USO ANIMACIONES TRIDIMENSIONALES EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA.....	43
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 TIPO DE ESTUDIO.....	54
3.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.....	55
3.3 POBLACIÓN Y GRUPO DE ESTUDIO.....	56
3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.5 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS.....	59
3.6 ANALISIS DE DATOS.....	60

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....62

4.2 ESTADÍSTICA ANALÍTICA.....66

4.3 DISCUSIÓN.....69

CAPITULO V. CONCLUSIONES.....75

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS .....77

## RESUMEN

Las instituciones de educación superior buscan implementar nuevas metodologías y estrategias didácticas para abarcar la enseñanza de una gran cantidad de conocimientos científicos. El uso de animaciones digitales tridimensionales posee un gran potencial en la enseñanza de ciencias biomédicas, dada su capacidad de representar procesos y estructuras que no pueden ser visualizadas por medios convencionales en dos dimensiones. Se evalúa el uso de una animación del ciclo vibratorio de las cuerdas vocales y su impacto sobre el aprendizaje de alumnos de la carrera de Fonoaudiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

El objetivo de esta investigación es determinar si el uso de animaciones como herramienta didáctica en la enseñanza de las ciencias favorece el aprendizaje, con el propósito de fomentar el uso de animaciones científicas diseñadas con fines docentes.

Se realizó una pre-prueba para determinar el nivel de entrada de los alumnos; se diseñó un cuestionario y se aplicó a 15 alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile que observaron una animación tridimensional. Su rendimiento se comparó con el de 15 alumnos que sólo leyeron la narración del tema.

El grupo que observó la animación obtuvo resultados superiores al grupo control, pero la diferencia entre ambos no fue estadísticamente significativa. La percepción de los estudiantes sobre el material mostró una amplia aceptación de éstos. Se concluye que el impacto positivo del uso de animaciones sobre el aprendizaje depende de un adecuado diseño, contexto de uso y evaluación.

**Palabras clave:** animaciones tridimensionales, educación en ciencias, educación en salud, docencia asistida por computador, animación científica.

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente, la potente irrupción de las tecnologías asociadas a la informática, las llamadas nuevas TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), ha abierto una infinidad de alternativas para la educación. En el contexto educacional actual y asumiendo como meta la mejora en los aprendizajes, la innovación tecnológica tiene la oportunidad de cumplir un rol determinante en el ámbito educativo, si es capaz de entender y adaptarse a las problemáticas humanas que conlleva el cambio. Según Bautista (2004), “aquí reside uno de los fundamentos de la calidad educativa: la conjugación armónica que ha de realizarse de lo humano y lo tecnológico”.

Las instituciones universitarias también intentan adaptarse al nuevo escenario tecnológico, explotando las posibilidades que ofrece la informática en numerosos ámbitos educativos. Sin embargo, el binomio aprendizaje-informática no parece conjugarse de manera satisfactoria y obtener logros significativos, pese a la cuantiosa inversión en infraestructura y capacitación realizada en las últimas décadas en educación superior (Mintzes, 2006).

En el área de las ciencias biológicas, la enseñanza y comunicación de ideas científicas a menudo depende del desarrollo de nuevas formas de visualización; ver es comenzar a comprender. La naturaleza del conocimiento científico involucra la comprensión de procesos de diversos grados de complejidad visuoespacial y secuencial, que en muchos casos dificultan el aprendizaje (O’Day, 2007). En este sentido, las nuevas aplicaciones gráficas computacionales, como las animaciones tridimensionales, permiten recrear mediante distintas herramientas digitales de

visualización, escenarios o procesos difíciles de imaginar o que no pueden ser observados directamente por ningún tipo de procedimiento existente (McClellan et. al., 2005). Desde una perspectiva educacional, la visualización gráfica y animaciones ayudan al estudiante a comprender procesos complejos porque ayuda a la conversión de un concepto abstracto en un objeto visual específico que puede ser mentalmente manipulable (McClellan et. al., 2005).

El potencial de la multimedia en el área de la educación biológica está lejos de verse alcanzado; como medio de impartir información biológica esta años más atrás que su uso en otras áreas, como el entretenimiento. La nueva generación de visualizaciones en ciencia no pretende simples simulaciones o reflejos de la realidad, sino que son diseñadas con un objetivo educacional en mente. Esto significa que cada decisión sobre cómo representar un proceso biológico determinado incluye consideraciones sobre la mejor manera de visualizar o comunicar aspectos particulares del éste (Rice, 2007).

En la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, la Oficina de Apoyo Docente (OAD), dependiente del Instituto de Ciencias Biomédicas (ICBM) ha trabajado desde el año 2007 en el desarrollo de animaciones tridimensionales de procesos biológicos, creadas específicamente con propósitos docentes de acuerdo a parámetros propuestos por diversos autores para crear animaciones de alto valor educativo (Heyden, 2004; Mayer, 2005). Esta iniciativa, denominada proyecto LUMINA, está basada en el trabajo colaborativo entre profesionales de las ciencias, educación y animación digital.

Si bien existen algunos estudios relacionados con el uso de animaciones tridimensionales en la educación científica, estos han sido realizados en centros universitarios estadounidenses y europeos, que cuentan con recursos económicos, tecnológicos y humanos, que difieren bastante de la realidad educacional de Chile. En nuestro medio educativo, casi no existen investigaciones a propósito del uso de animaciones y la tridimensionalidad como aporte pedagógico, lo que deja abierto un

enorme campo de investigación sobre esta realidad en el contexto chileno. De acuerdo a estos antecedentes, la realización de esta tesis se fundamenta en la necesidad de proveer a los centros de docencia superior en el área científica de nuevas herramientas tecnológicas para la enseñanza de las ciencias, que permitan visualizar procesos y estructuras que escapan a las posibilidades de medios ópticos y representaciones gráficas en dos dimensiones, lo cual impactará positivamente el aprendizaje de los alumnos al mejorar la comprensión de determinados temas y favorecer habilidades de retener y transferir los contenidos trabajados en aula.

La presente investigación tiene como propósito establecer si existe una relación entre la incorporación de animaciones tridimensionales que reproducen procesos complejos y contextualizan contenidos (incluyen video y texto complementario) y la mejora en los aprendizajes en alumnos de ciencias de la salud. Para ello, presentará una animación 3D y evaluará su el impacto en el aprendizaje de alumnos de 3<sup>er</sup> año de la carrera de Fonoaudiología de la Universidad de Chile.

La primera parte de esta tesis corresponde a una revisión bibliográfica en relación al uso de animaciones en educación biomédica. En ella se efectúa una descripción del uso de animaciones científicas en instituciones de docencia superior, se entregan definiciones de conceptos clave y se revisa el caso del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile. Se presentan los puntos claves de una correcta elaboración y de una acertada evaluación del uso docente de animaciones. La segunda parte describe la metodología que será empleada en el estudio, para luego más adelante exponer y discutir los resultados obtenidos en esta investigación.



## **I. EL PROBLEMA Y SUS ANTECEDENTES**

### **1.1 EL PROBLEMA Y SUS ANTECEDENTES**

La realización de esta investigación se justifica en el gran potencial de desarrollo que presentan las herramientas de modelado y animación digital como apoyo docente en el área de las Ciencias de la Salud, debido a su capacidad de recrear imágenes que se encuentran fuera de los límites de la fotografía, el dibujo u otras técnicas convencionales. Gracias a nuevas herramientas y aplicaciones informáticas es posible representar procesos cuya organización espacial y movimiento permanecen desconocidos debido a la complejidad metodológica de su reconstrucción. Por esta razón, en muchos casos, el modelo mental que elabora para sí cada alumno puede ser divergente del modelo conceptual. Los modelos visuales, después de ser validados por el docente, minimizan en los estudiantes los errores en la comprensión de contenidos. Además, poseen ventajas técnicas, gracias a su excelente resolución y posibilidad de visualización desde distintos ángulos y perspectivas.

#### **A partir de esto, la investigación plantea las siguientes preguntas:**

- ¿La incorporación de animaciones tridimensionales mejora significativamente los aprendizajes de los estudiantes?
- ¿En qué proceso, secuencia o contexto de aprendizaje es más favorable el uso de animaciones tridimensionales?
- ¿Qué áreas del aprendizaje científico son más receptivas al uso de material como animaciones tridimensionales?
- ¿Cuáles son los criterios de evaluación que deben considerarse para medir el impacto de las animaciones sobre los aprendizajes?

## **1.2 OBJETIVOS.**

### **Objetivo General.**

1. Determinar si la incorporación de animaciones tridimensionales desarrolladas digitalmente mejora los aprendizajes en alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

### **Objetivos Específicos.**

1. Determinar la existencia o no de asociaciones entre los resultados obtenidos por ambos grupos en la evaluación realizada y el uso de animaciones tridimensionales.
2. Determinar si el uso de animaciones tridimensionales mejora la retención de los contenidos presentados en el curso.
3. Determinar si el uso de animaciones tridimensionales mejora la transferencia de los contenidos presentados en el curso.
4. Determinar la existencia o no de correlaciones entre los resultados obtenidos en la evaluación luego de la animación y las calificaciones obtenidas por los alumnos en la asignatura evaluada (pre-prueba).

### **1.3 HIPÓTESIS.**

La presente investigación considera las siguientes hipótesis:

1. El uso de animaciones tridimensionales mejora el aprendizaje de contenidos del área científica.
2. El uso de animaciones tridimensionales mejora el desempeño en tareas de retención.
3. El uso de animaciones tridimensionales mejora el desempeño en tareas de transferencia.
4. El rendimiento luego de ver la animación no se correlaciona con el rendimiento previo de los alumnos (Pre-Prueba).

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EDUCACIÓN SUPERIOR.**

#### **2.1.1 Nuevas herramientas tecnológicas en docencia superior.**

Las nuevas herramientas didácticas y metodológicas han invadido la oferta educativa a nivel mundial, encontrándose disponibles a diversos costos dado lo vertiginoso de los avances tecnológicos, lo que las hace más accesibles. Éstas se presentan en diversos soportes y formatos, que entregan al usuario posibilidades de manipulación, interactividad, transferencia, manejo y gestión de la información en diversos niveles de complejidad (Gros, 2005).

La tecnología provee oportunidades de aplicar un enfoque constructivista a la enseñanza y el aprendizaje. Los estudiantes actuales desafían los métodos tradicionales de enseñanza y se ven motivados por entornos de aprendizaje interactivos y significativos que utilizan tecnología. Sin embargo, es importante destacar que la tecnología por sí sola no es una herramienta de aprendizaje. En vez de eso, se propone un modelo multi-modal que integre la tecnología a la vez que provee contactos de clase con el profesor y los otros estudiantes, el cual puede ser mejorado con el mundo 3D (Coffmann & Klinger, 2007).

Entre las herramientas educativas de mayor uso en la actualidad, destaca la Internet, plataforma de comunicación global y casi omnipresente, que fortalece la interacción entre individuos-grupos-instituciones tanto en la dimensión de tiempo como de espacio. (García y Morcillo, 2007). Hoy, Internet ha crecido en prominencia como

medio educacional: los estudiantes se han vuelto muy adeptos a buscar información en la Red, aunque a veces no sean muy buenos en evaluar la calidad de ésta. Debido a esto, los profesores necesitan invertir tiempo en instruir a los estudiantes en el uso constructivista de la Internet (Gros, 2005). Por otra parte, la escasez de tiempo y recursos en educación hace que el aprendizaje asistido por computador parezca atractivo. Este modo de enseñanza en sus inicios era mucho más caros que los libros de textos, tanto por los materiales (computador versus libros) y por el tiempo y trabajo empleado en producir los programas, situación que ha variado actualmente.

En el sistema educativo chileno, los esfuerzos por conseguir mejoras en la calidad de la educación mediante la incorporación de material innovador, tienen larga data. Ya en la última década del siglo XX se proponía en los PME (Proyectos de Mejoramiento Educativo), impulsados por el Ministerio de Educación, el uso de medios audiovisuales como videos y televisores en el contexto de enseñanza escolar con el fin de estimular aspectos como la observación y capacidad de investigación, el desarrollo de la imaginación, la capacidad de resignificar o decodificar desde un mundo de significado propio o ampliar la capacidad de contextualizar (MINEDUC, 1995).

A nivel mundial, las instituciones educacionales han comenzado a buscar estrategias y metodologías para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de una nueva generación de estudiantes, comúnmente denominados “nativos digitales” quienes trabajan con tecnología para localizar, analizar y sintetizar información y presentarla de modos nuevos e innovadores (Coffmann & Klinger, 2007).

La realidad actual en ambientes educativos da cuenta que los aprendices tienen más experiencia práctica en la informática que los maestros. Conocen sobre los usos desde sus propias necesidades y esas habilidades redundan en un caudal de conocimiento que no está vinculado con la formación tradicional que se impartía a través de clases, cursos, manuales, guías o tutoriales. En muchos casos, los docentes están en desventaja frente a sus educando, por lo menos en el plano práctico de la

informática (Salinas, 2006). Se ha descrito que un nativo digital ha utilizado en promedio 5.000 horas en leer durante toda su vida, mientras que ha ocupado más de 10.000 horas en videojuegos de computador (Prensky, 2001). Al comparar la adaptación a este nuevo y cambiante mundo tecnológico, entre profesores y alumnos, estos últimos presentan notorias ventajas respecto a los primeros. Son los llamados nativos digitales, (en contraste con los inmigrantes digitales); personas comunes y no necesariamente expertos informáticos, que han incorporado con absoluta naturalidad la tecnología en sus diversos quehaceres (Prensky, 2001).

Según estudios recientes los adultos sobre los 35 años presentan dificultades en incorporar tecnologías de la información en labor profesional y los profesores no están exentos a esta tendencia (Bautista, 2004). Sin pretender instalar la idea de que los maestros deben convertirse en expertos informáticos, ultra-actualizados o cuasi programadores, lo que se espera de estos profesionales es que conozcan las potencialidades pedagógicas del fenómeno informático para incorporarlo en sus métodos de enseñanza y mejorar los aprendizajes de sus alumnos (Salinas, 2006). De esta manera, son las TIC las llamadas a adaptarse al contexto educativo y no al revés (García y Morcillo, 2007). Por esta razón, no resulta casual que cada tecnología (hardware o software) que aparece sea más fácil de utilizar, más intuitiva y amigable para el usuario (Rice, 2004).

La educación en el siglo XXI debiera centrarse en la comunicación, autonomía y control de los estudiantes sobre su propio aprendizaje y en incrementar la creatividad e innovación. La combinación de integración de tecnología y comunicación personal y colaboración provee experiencias de aprendizaje ricas y dinámicas. La creación de entornos de aprendizaje que provea a los nativos digitales con un sentido de inmersión en el contenido, con la posibilidad de manejarlo y transformarlo en nuevos entendimientos es el nuevo paso natural para la enseñanza y aprendizaje para estos nuevos estudiantes (Coffmann & Klinger, 2007).

### **2.1.2 Medición del impacto del uso de TIC sobre el aprendizaje.**

Las medidas usadas para evaluar el aprendizaje, entendido éste como la capacidad de adquirir un conocimiento y ser capaz de usarlo para resolver problemas (Mayer, 2003), suelen ser de limitada utilidad para describir las representaciones internas del conocimiento (Rapp & Kurby, en Gilbert., Reiner & Nakhleh, 2008).

De la misma manera, la dificultad en revelar alcances educacionales positivos plaga la investigación en educación. Esto no necesariamente significa que la tecnología instruccional no facilite el proceso de aprendizaje, sino que sus efectos pueden no estarse midiendo apropiadamente (Champion & Novicki, en Mintzes & Leonard, 2006).

Según Gilbert, Reiner & Nakhleh (2008), para que una innovación educacional sea exitosa, lo que implica que sea adoptada ampliamente y practicada sistemáticamente, es necesario considerar tres necesidades:

- Desarrollar ejemplos prácticos y amigables de la innovación.
- Que las innovaciones sean probadas en el aula.
- Que su uso sea evaluado.

Para estos autores, el problema radica en que generalmente estos tres aspectos, que deben estar interrelacionados y reforzarse mutuamente, son tomados como foco de trabajo por distintas comunidades académicas (científicas, educacionales, de ciencias cognitivas, etc.). El éxito de la innovación se opaca porque estas comunidades no están de ninguna manera en contacto directo unas con otras. La falta de comunicación implica que la contribución al campo por autores de diversas áreas académicas sea más difícil debido al uso de terminología especializada (por ejemplo, las palabras claves pueden ser usadas de distinta manera). En este sentido, se debe promover la formación de nexos entre teoría, currículo y práctica pedagógica (Gilbert, Reiner & Nakhleh, 2008).

Por su parte, Chikering & Gamson, (1987) plantean que para evaluar cualquier innovación en la enseñanza se debiera considerar “siete principios para una educación de pregrado efectiva”:

- Estimular el contacto entre estudiante y facultad.
- Desarrollar reciprocidad y cooperación entre estudiantes.
- Usar técnicas de aprendizaje activo.
- Entregar *feedback* apropiado
- Enfatizar el tiempo de la tarea
- Comunicar expectativas
- Respetar distintas maneras de aprendizaje.

La decisión de usar tecnología instruccional o cualquier herramienta educacional debiera centrarse en el aprendizaje del alumno. En general los estudiantes responden positivamente al uso de herramientas tecnológicas y declaran que esta les ayuda a aprender, incluso en estudios que no han mostrado incremento en los aprendizajes con tecnología (Kesner & Lizner 2005, en Mintzes & Leonard, 2006).

Existe evidencia de que los estudiantes que aprenden usando computadores son mucho más entusiastas respecto al curso y sobre estudiar ciencia y piensan que aprenden más. Sin embargo, la comparación de los resultados en ciertos estudios no muestra diferencias importantes en los aprendizajes con y sin innovaciones tecnológicas, lo que sustenta la idea de que aun no se ha aprendido a medir los alcances educacionales importantes (Champion & Novicki, en Mintzes & Leonard, 2006).



Otros estudios han demostrado que el uso de herramientas tecnológicas mejora el aprendizaje en los estudiantes (Lowe, 2003). Simulaciones interactivas que conectan a los estudiantes en comunidades han sido muy exitosos en clases preuniversitarias (Serpa, 2008). En algunos casos las simulaciones computacionales son más eficientes en términos de tiempo y pueden mejorar el aprendizaje en comparación, por ejemplo, con laboratorios tradicionales de ciencias (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002).

En muchos casos los beneficios de la utilización de nuevas herramientas en el aprendizaje dependen de cómo se usa la tecnología, lo que nos remite a los principios de buenas prácticas antes descritos. La cuidadosa selección y el uso apropiado de la tecnología instruccional puede incrementar el interés y el aprendizaje en los estudiantes; por el contrario, la tecnología usada pobremente puede lograr el efecto contrario (Champion & Novicki, en Mintzes & Leonard, 2006).

## **2.2 LA ENSEÑANZA SUPERIOR EN CIENCIAS.**

### **2.2.1 Perspectiva general.**

La literatura ha descrito la preocupación respecto al bajo nivel de conocimiento científico general de la población mundial. (Serpa, et. al., 2008). Dado el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida diaria, se busca expandir continuamente el conocimiento científico (Rapp & Kurby, en Gilbert, Reiner & Nakhleh, 2008).

En los últimos 150 años, el entendimiento de cómo los sistemas vivos funcionan ha crecido enormemente y no muestra signos de disminuir. En este marco de tiempo, la biología ha evolucionado desde lo descriptivo a ser un sujeto analítico. El aumento exponencial del conocimiento y la fusión de campos una vez separados en biología, química, física y matemáticas, significa que es necesario repensar la preparación científica que reciben los estudiantes de pregrado. (Wood, 2001). Por esta razón, es necesario desarrollar nuevas técnicas de enseñanza y aprendizaje para la enseñanza de tópicos en biología (Serpa, et. al., 2008).

Hace un siglo, el medio de transferir conocimiento era mediante medios escritos o clases presenciales, donde la memorización era una habilidad valiosa. Hoy en día, la información fluye libre y rápidamente y los estudiantes necesitan la habilidad de interpretar, juzgar, modificar, adicionar y comunicar información (Rapp & Kurby, en Gilbert, Reiner & Nakhleh, 2008). El incremento de la masa de información que los estudiantes enfrentan en la actualidad puede afectar su habilidad de analizarla. Para enfrentar estas nuevas exigencias, los estudiantes requieren adquirir las habilidades consideradas más importantes y avanzadas según las tablas taxonómicas de Bloom, entre las que destacan resolución de problemas, conocimiento creativo e información (Mintzes & Leonard, 2006).

En este contexto, universidades y facultades buscan recursos e información para hacer más efectiva la enseñanza y más exitoso el aprendizaje de los estudiantes. Así,

una herramienta de aprendizaje debe ser adecuada no sólo en su nivel de dificultad, sino para el propósito educativo que fue diseñada (Serpa, et. al., 2008).

A nivel de docencia superior, las clases de ciencia enseñan tópicos complejos al exponer a los estudiantes a información mediante una variedad de metodologías, incluyendo clases, conferencias, lecturas, experiencias de laboratorio y representaciones visuales. El objetivo de estas actividades es ayudar a los estudiantes a construir representaciones internas del contenido de los cursos, información almacenada en la memoria que el alumno puede recuperar para generar inferencias, resolver problemas y tomar decisiones. (Mintzes & Leonard, 2006).

Las clases son una manera aceptada de presentar información, pero esto no garantiza que la forma en que los estudiantes reciben y entienden esta información sea efectiva. Con la expansión de las universidades desde la década de 1960, los cursos se han hecho más grandes y las clases se consideran como un modo económico y eficiente de enseñar a las masas (Bransford, Brown & Cocking, 1999), lo cual también se hace extensivo a la realidad chilena desde la década de 1980. En las instituciones de educación superior, la enseñanza debe resolver cómo lidiar con asuntos como la transferencia/adquisición de la información, promoción del pensamiento, cambios actitudinales y habilidades comportamentales. Las clases tienen un rol importante, pero limitado y es posible usar otros métodos para transferir información. Desafortunadamente, la presión se centra en enseñar a más estudiantes con menores unidades de recursos (Wood, 2001).

En la enseñanza de las ciencias, seminarios y trabajos prácticos, pese a su enorme valor educacional, pueden ser percibidos por algunos docentes como un método de enseñanza ineficiente, pues requieren de mucho tiempo de parte de los equipos de profesores. Una alternativa moderna son los tutoriales computacionales, basados en aprendizajes mediante la práctica (Rice, 2004). En ellos, el sujeto va siendo guiado por el programa o software de manera interactiva y debe seguir paso a paso las funciones,

sin perjuicio de saltar etapas ya dominadas, que otorga dinámica a la manera de aprender.

Aunque la clase tradicional sigue siendo la base de la mayoría de los cursos de pregrado en educación científica, se han diseñado nuevos métodos de enseñanza, que incluyen el uso del computador. Los nuevos enfoques incluyen el uso de simulaciones, presentaciones multimedia y más recientemente, de entornos virtuales (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002). De esta manera, es posible por ejemplo, repetir y diseñar experimentos usando simulaciones computacionales, las que pueden ser usadas en adición (complemento) - no en reemplazo- de las experiencias prácticas (Bransford, Brown & Cocking, 1999).

Por su parte, la presión por cumplir requerimientos de tiempos de enseñanza en horarios reducidos y la necesidad de contar con soportes visuales para la presentación de contenidos, hace que el aprendizaje asistido por computador parezca atractivo. Este modo de enseñanza en sus inicios era mucho más caro que los libros de textos, tanto por los materiales (computador versus libros), como por el tiempo y el trabajo empleado en producir los programas y materiales para uso en docencia (Wood, 2001). Sin embargo esta situación se ha revertido con el tiempo; el ampliamente difundido uso de computadores y la gran cantidad de software y herramientas tecnológicas disponibles incluso de manera gratuita, brinda a docentes y estudiantes numerosas posibilidades para abordar los contenidos de los cursos en diversas áreas del conocimiento.

Entre las herramientas de enseñanza y aprendizaje de mayor uso, destacan las aplicaciones computacionales para diseñar diapositivas y producir notas de clase, que ayudan a elaborar presentaciones más efectivas como experiencias de aprendizaje (Mintzes & Leonard, 2006) y el aprendizaje basado en la web. Durante los años recientes, Internet ha crecido en prominencia como medio educacional; los estudiantes se han vuelto muy adeptos a buscar información en la Internet, aunque en ocasiones

no logren evaluar correctamente la calidad de esta, por lo que los profesores necesitan invertir tiempo en instruir a los estudiantes en el uso constructivo de este recurso (Serpa, et. al., 2008). Por ejemplo, hoy en día la enseñanza de la anatomía involucra menos disección y mayor uso de ejemplares plastinados, menos clases y más tutoriales y la gran disponibilidad y uso de recursos basados en computadores y web (Pandey & Zimitat, 2007).

Debido al ya mencionado incremento de la información gracias a los avances en la investigación científica y a los nuevos enfoques curriculares en la enseñanza biomédica, centrados actualmente en el ABP (Aprendizaje Basado en Problemas) y en la práctica clínica y profesional, surge la necesidad imperiosa de desarrollar nuevas estrategias y metodologías docentes y de emplear nuevas herramientas tecnológicas que posibiliten la docencia científica de acuerdo a los nuevos cánones vigentes (Rice, 2004).

En este sentido, los investigadores han distinguido dos diferentes aproximaciones al aprendizaje; el profundo y el superficial. El aprendizaje superficial (por ejemplo la memorización) se asocia con la intención de recordar hechos e información y a recuperarlos en respuesta a preguntas. El aprendizaje profundo, se caracteriza por un intento de comprender la información buscando una estructura dentro del material presentado y manipulando la información para darle sentido en relación a lo que el sujeto considera relevante (Kember, 1996).

Estas aproximaciones al aprendizaje no son mutuamente excluyentes; los estudiantes pueden elegir una u otra en diferentes ocasiones o combinarlas, dependiendo de la naturaleza de las subtareas y del contexto. Ramsden (1992) sugiere que las diferencias entre el aprendizaje superficial y profundo parecen ser generalizables entre disciplinas, pero que el significado para cada disciplina aun no está claro.

El aprendizaje profundo se asocia con una comprensión de las interrelaciones entre hechos y con la habilidad de abstraer y generalizar, mientras que el aprendizaje superficial se asemeja más a un conocimiento fragmentado. Usando una aproximación profunda es más factible adquirir una mejor calidad de aprendizaje. En estudios se correlacionó significativamente el mejor desempeño académico con el aprendizaje profundo (Pandey & Zimitat, 2007).

En las ciencias, donde existe un vocabulario complejo asociado al aprendizaje, el aprendizaje profundo puede requerir una etapa preliminar de aprendizaje roto, el cual es difícil de distinguir del superficial. El aprendizaje roto en esta instancia puede ser un ejemplo de un intento por entender, incluso mediante la memorización de jerga o símbolos, siendo parte del proceso de aprendizaje (Kember, 1996).

El aprendizaje basado en problemas según Wood (2001), ha sido ampliamente usado en cursos de biomedicina. Consiste en proponer un problema a un grupo pequeño de estudiantes con un tutor o facilitador y luego dividir la tarea entre los miembros del grupo, para luego comunicar la información. Esto desarrolla importantes habilidades de búsqueda, manejo y presentación de la información. Lo importante de este método es que acepta que es imposible para cualquier persona recordar por completo el amplio cuerpo de conocimiento que constituyen las ciencias modernas para resolver un problema que se les puede presentar en su trabajo y que el conocimiento no tiene valor intrínseco si no puede ser usado. Hay evidencia de que el currículo basado en problemas lleva a los estudiantes de aprendizajes superficiales reproductivos a aprendizajes profundos (Ramsden, 1992).

La reflexión actual sobre la enseñanza superior en ciencias plantea que el curriculum necesita enfocarse en conceptos importantes y en mejores estrategias de evaluación. De hecho, la clave para cambiar las percepciones, a favor de la comprensión, puede llevarse a cabo mediante la innovación curricular y las prácticas evaluativas mejoradas, que favorezcan la comprensión y las habilidades cognitivas de

orden superior, por sobre la simple memorización de contenidos. Esto implica que los estudiantes perciban que el éxito académico proviene de la comprensión y capacidad de aplicación de conocimientos y que éstas serán recompensadas (Pandey & Zimitat, 2007).

### **2.2.2 Iniciativas para generar innovaciones docentes.**

Los cambios en la manera de impartir la educación requieren de voluntad y políticas institucionales y también de esfuerzos individuales de parte de los actores involucrados a nivel universitario (profesores, docentes, investigadores y alumnos (Rice, 2004). El desafío es adoptar métodos de enseñanza que no solo permitan a estudiantes y profesores responder a las presiones de las nuevas exigencias curriculares, sino que sean educacionalmente mejores (Wood, 2001).

Con este propósito, existe una atención creciente hacia las asociaciones multidisciplinarias como mecanismo para reformar la educación de las ciencias, las cuales pueden promover mayor articulación entre enseñanza de las ciencias y aprendizaje (Salinas, 2006). La asociación entre científicos, entendidos como todo participante de empresas científicas en educación superior (investigadores, estudiantes de posgrado, graduados de profesiones científicas o de la salud) y profesores, provee un marco de colaboración flexible y brinda experiencias de educación enriquecedoras para los estudiantes involucrados (Tanner, Chatman & Allen, 2003).

Desafortunadamente, aunque las asociaciones son fácilmente propuestas e incluso iniciadas, no se cuenta con conocimiento detallado de los mecanismos para facilitar, sustentar y mantener estas iniciativas trans-institucionales, por lo que las asociaciones pueden tener corta vida y lograr pocos objetivos de los propuestos inicialmente (Stith, 2004).

En el espíritu de generar asociaciones productivas y generar diálogo entre científicos y profesores destacan tres puntos que promueven un mejor entendimiento y que al estar ausentes pueden impedir la colaboración que se desea implementar (Tanner, Chatman & Allen, 2003):

1. Importancia del aprendizaje mutuo en las asociaciones: el cual implica que ambas partes contribuyen con experticia especializada a un proyecto y aprenden de la experticia de sus compañeros.
2. Culturas profesionales de científicos y profesores: existen aéreas comunes y diferentes entre las distintas profesiones.
3. Barreras del lenguaje en asociaciones: palabras y frases poseen múltiples significados para distintas aéreas y profesiones (lenguaje técnico).

En relación al uso de innovaciones tecnológicas como parte de los objetivos de estas asociaciones, en ciertas instituciones de educación superior, se han creado y/o en algunos casos ampliado, unidades de apoyo docente. Éstas facilitan la elaboración de material didáctico a los académicos, con herramientas informáticas o audiovisuales, como medida de apoyo y complemento a contenidos educativos, proporcionando recursos de enseñanza que se adaptan de mejor manera a los distintos estilos de aprendizaje de los alumnos (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002).

Estos equipos de trabajo facilitan enormemente el trabajo de los maestros, entregando soporte técnico gráfico y audiovisual para la creación de valioso material a partir de la experticia de cada docente. Para la formación profesional en áreas científicas y de la salud, dada la complejidad de los contenidos abordados, esta colaboración ha ido en incremento y genera grandes expectativas en instituciones de nivel superior a nivel mundial (Salinas, 2006).



## **2.2.3 Enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.**

### **2.2.3.1 Estilos de aprendizaje.**

Las personas aprenden mediante una variedad de mecanismos, generalmente a partir de una experiencia sensorial o abstracta, que luego la reflexión y experimentación transforman en conocimiento; cada individuo utiliza su propio método y es posible identificar ciertos patrones que se repiten en determinados grupos (Mora, 2008). Usualmente los estudiantes aprenden mejor si el método de instrucción concuerda con su estilo de aprendizaje (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002).

Diversos investigadores han estudiado los distintos estilos de aprendizaje; para Gardner (1983), por ejemplo, el aprendizaje visuoespacial es el predominante. La habilidad visuoespacial se relaciona con la capacidad de crear y manipular mentalmente un objeto y la comprensión visuoespacial además en crear estructuras mentales desde información verbal y escrita (Lord, 1985 en Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002).

Los estilos de aprendizaje han sido clasificados en cinco grupos (Felder & Silverman, 1988):

- Sensorial-intuitivo.
- Visual- verbal.
- Inductivo- deductivo.
- Activo- reflexivo.
- Secuencial- global.

Estos autores han concluido que los estudiantes aprenden mejor de métodos visuales, inductivos y activos. Esto no concuerda con el estilo de enseñanza de sus profesores, el cual en general se caracteriza por ser verbal, deductivo y pasivo, enfatizando métodos como las clases expositivas, la memorización rota y los ejercicios prácticos.

En la enseñanza superior en ciencias, las habilidades visuoespaciales han sido relacionadas con el éxito académico, pues permiten comprender procesos dinámicos y construir aprendizajes correctos y de mayor permanencia (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002). Según estudios realizados en Europa y América Latina, en estudiantes de Medicina predomina el estilo de aprendizaje teórico y reflexivo (Mora, 2008).

En una entrevista publicada en el boletín de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (junio 2008), “a partir de un estudio realizado por el Dr. Sergio Mora, académico del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile y coordinador iberoamericano del Proyecto Conjunto de Docencia “Estilos de Aprendizaje de los alumnos de Medicina en distintos contextos curriculares y geográficos”, se buscó determinar los estilos de aprendizajes predominantes en los alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Esta iniciativa, financiada por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), se enmarca en el Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica entre España e Iberoamérica en el que participan facultades de medicina de Argentina, Bolivia, España y Chile.

En estas instituciones se están aplicando cuestionarios de preferencias sobre las formas de aprendizaje existentes entre los estudiantes y también se han dedicado a analizar la manera en que los jóvenes se instruyen con mayor facilidad, para así desarrollar una educación más efectiva y de calidad en el campo de la Medicina. Docentes de España, Bolivia, Argentina y Chile han constatado que independientemente del contexto geográfico y del tipo de enseñanza que reciben, estos universitarios prefieren las clases más tradicionales. Sin embargo, los investigadores están trabajando para privilegiar una educación más profunda y significativa que se adecue a todos los perfiles del alumnado.

Empleando un instrumento de medición denominado “Cuestionario de Honey y Alonso de Estilos de Aprendizaje” que se utilizó en las universidades de Chile, Nacional de Cuyo, en Argentina; y del País Vasco, en España, se corroboró que

independientemente del contexto geográfico y del tipo de metodología de enseñanza que reciben los alumnos, ya sea basada en problemas o en disciplinas, los estudiantes de medicina son, en su gran mayoría, reflexivos. Esto significa que se caracterizan por ser receptivos, analíticos, exhaustivos, observadores, cuidadosos, detallistas, inquisitivos y distantes.

Tras la aplicación del cuestionario, que mide los tipos de aprendizaje, se pudo constatar que en el perfil de los estudiantes de Medicina predominan los rasgos reflexivos y teóricos, los cuales se impondrían por sobre los estilos activos y pragmáticos. Asimismo, en ellos también prevalece el tipo teórico, es decir, son metódicos, objetivos, críticos, lógicos, estructurados, buscan hipótesis, modelos y conceptos”.

### **2.2.3.2 Innovación Docente en el ICBM, Universidad de Chile.**

El Instituto de Ciencias Biomédicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile ([www.icbm.cl](http://www.icbm.cl)), fue creado en 1997 y tiene como misión desarrollar investigación de punta en áreas de interés nacional e internacional, incluidas las neurociencias, genómica y bioinformática, adaptación al medioambiente, transducción de señales, biología del desarrollo e infectología.

En él trabajan alrededor de 200 académicos que, junto con abocarse a estudiar los principales problemas de salud de las sociedades modernas, realizan clases a los estudiantes de pre y posgrado. La gran mayoría de estos docentes son doctorados y posdoctorados que están llevando a cabo más de 50 proyectos Fondecyt, tres Fondef, un Centro Fondap y dos Núcleos Milenio.

El ICBM está organizado en nueve programas disciplinarios: Biología Celular y Molecular, Farmacología Molecular y Clínica, Fisiología y Biofísica, Genética Humana,

Inmunología, Microbiología y Micología, Anatomía y Biología del Desarrollo, Fisiopatología y Virología

Esta entidad posee tres metas fundacionales: excelencia, renovación e integración, repasando los logros en materia de calidad y cantidad de sus proyectos de investigación, la exitosa política de incorporación de académicos jóvenes, así como la labor docente y la generación de material didáctico, todo lo cual convierte al ICBM en un referente en las decisiones políticas sobre ciencia en Chile y en un interlocutor importante con la comunidad científica internacional.

La Subdirección de Innovación Docente del ICBM fue creada en el año 2006 con el objetivo de incorporar al ICBM a la gestión de reforma curricular que se está llevando a cabo en las ocho escuelas de la Facultad de Medicina (Medicina, Tecnología Médica, Fonoaudiología, Obstetricia y Puericultura, Nutrición y Dietética, Kinesiología, Enfermería y Terapia Ocupacional). Este proceso implica el rediseño en el año 2007 de las mallas curriculares de las carreras de la Salud, implementación de dicho proceso durante el año 2008 mediante acciones como:

- Diseño de los programas de módulos o cursos.
- Habilitación de los académicos en el nuevo modelo y metodologías.
- Experiencias piloto de innovación metodológica y evaluativa.
- Construcción de pautas de desempeño para evaluar las competencias.
- Transferencia entre pares, conformación de redes docentes.

El año 2009 se contempló como el año de puesta en marcha del curriculum renovado, entrando en régimen el nuevo modelo.

Dentro de las novedades en cuanto al proceso de enseñanza, la Subdirección de Innovación y Gestión de la Docencia del ICBM desarrolló durante el segundo semestre de 2007 y primero de 2008, cuatro animaciones digitales, creados con el apoyo en contenidos de diversos académicos de la institución. Este trabajo se enmarca dentro del “Proyecto Lumina” desarrollado al interior de la Oficina de Apoyo Docente del

ICBM, destinado a la creación animaciones tridimensionales digitales sobre procesos biológicos, celulares o aspectos anatómicos relevantes para apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje en las diversas carreras que imparte la Facultad de Medicina. La creación de cada proyecto está a cargo de un equipo multidisciplinario de áreas científicas, pedagógicas y de la animación digital (ver anexos).

El proceso de creación de las animaciones comprende las siguientes etapas:

- Creación del guion y storyboard: En conjunto con los docentes y científicos, se desarrolla un guion y un storyboard que represente los pasos claves del proceso a visualizar mediante la animación tridimensional. Aquí debe decidirse el nivel de detalle y de complejidad de la animación. Para hacer el proceso de modelado más expedito, los objetos son reusados cada vez que es posible., lo que también ayuda al proveer consistencia y familiaridad entre animaciones de temas relacionados, además de la noción de que diversas animaciones forman parte de un continuo de pasos de un proceso (McClellan et. al., 2005).
- Modelado digital: se crean los modelos o representaciones ya sean moléculas o estructuras del cuerpo para representar un proceso en particular. La estructura tridimensional de las proteínas se puede obtener de bancos como Proteindatabank ([www.rcsb.org](http://www.rcsb.org))
- Animación digital: Implica poner los objetos modelados en un escenario virtual e imprimirles movimiento para representar un proceso. La herramienta de desarrollo de las animaciones usada en Lumina es el software Autodesk Maya 8.5. En general, la literatura describe que a un artista le toma 200 horas desarrollar una animación y 40 horas adicionales implementar la pagina web para entregar cada modulo de aprendizaje (McClellan et. al., 2005).

## **2.3 APRENDIZAJE MULTIMEDIA.**

### **2.3.1 Definición.**

Durante cientos de años, el formato principal de instrucción han sido las palabras, incluyendo libros y lecturas. El aprendizaje verbal ha dominado la educación y ha constituido el foco de la investigación educacional. Con los avances recientes en las graficas computacionales y en las tecnologías de visualización, los docentes pueden complementar los modos verbales de instrucción con modos gráficos. Existe una explosión de maneras visuales disponibles para presentar material, tanto en imágenes estáticas como dinámicas (animaciones y videos) (Chi et. al., 1989).

En los últimos diez años el campo del aprendizaje multimedia, entendido como el aprendizaje a partir de palabras (textos narrados o impresos) e imágenes (ilustraciones, fotos, gráficos, animaciones o videos), en entornos basados en computación, ha emergido como una disciplina coherente (Mayer, 2001b). En este sentido, el término “multimedia” se refiere a como es presentado el material, involucrando dos o más formas, lo que implica la utilización conjunta de palabras e imágenes. Los entornos o ambientes multimedia incluyen presentaciones instruccionales on-line, lecciones interactivas, e-cursos, juegos de simulación, realidad virtual y apoyo a presentaciones en clase. (Bransford, Brown & Cocking, 1999). Según Mayer (2005), para el aprendizaje multimedia (AM) es posible distinguir:

- a) Dos enfoques:
  - i. Centrado en la tecnología: Su objetivo es proveer acceso a la información. Se centra en cómo aprovechar las capacidades tecnológicas para el diseño de presentaciones multimedia.
  - ii. Centrado en el aprendiz: Su objetivo es usar la tecnología multimedia como ayuda para la cognición. Comienza con entender cómo funciona la mente humana.

b) Objetivos y Evaluación del aprendizaje multimedia (Tabla 1):

**Tabla n °1: Objetivos y Evaluación del aprendizaje multimedia.**

Objetivos del AM	Definición	Test	Ej. De ítem de test
RECORDAR	Habilidad de reproducir o reconocer material presentado	Tareas de Retención	Escriba lo que sucede en la presentación.
COMPRENDER	Habilidad de usar el material presentado en situaciones nuevas.	Tareas de Transferencia	Escriba una manera de mejorar "X" proceso.

c) Alcances del aprendizaje multimedia:

**Tabla n ° 2: Alcances del aprendizaje multimedia.**

Alcance	Descripción cognitiva	Desempeño en Test	
		Retención	Transferencia
Sin aprendizaje	No hay conocimiento	Pobre	Pobre
Aprendizaje roto o inerte	Conocimiento fragmentado	Buena	Pobre
Aprendizaje significativo	Conocimiento integrado	Buena	Buena

### 2.3.2 Principios del Aprendizaje Multimedia.

Ante la interrogante de cómo diseñar entornos de aprendizaje multimedia que promuevan el aprendizaje, diversos autores han propuesto los siguientes **principios básicos**:

a) Hipótesis o principio del AM (Mayer, 2001a, Mayer 2005): sostiene que, bajo ciertas circunstancias, las personas aprenden más profundamente desde palabras e imágenes que solo desde palabras. Se basa en la idea de que los mensajes instruccionales se debieran diseñar de acuerdo a como funciona la mente humana, aprovechando la capacidad de ésta de procesar simultáneamente información auditiva y visual. Cuantitativamente, plantea que existe una mayor exposición a la información, al presentarse material por dos canales (visual y auditivo) en vez de uno. Cualitativamente, plantea que ambos tipos de información se complementarían y favorecerían el entendimiento, dado que se posibilita el integrar representaciones visuales y verbales. La comprensión ocurriría cuando el alumno es capaz de construir conexiones significativas entre ambos tipos de modalidad; en el proceso de crear conexiones entre imágenes y palabras, es posible crear un aprendizaje más profundo que desde palabras o imágenes por si solas.

b) Uso de narración (Mayer & Anderson, 1991, 1992): Implica oír en palabras lo que se ve en imágenes. Esto mejora los resultados en las pruebas de retención y transferencia. En cambio, cada modalidad por sí sola, no trae mejoras. También se observan mejoras en las pruebas de resolución de problemas, que se diseñan para medir la comprensión del material presentado que logra el estudiante.

c) Atención dividida (Ayres & Sweller, en Mayer, 2005): Sostiene que se aprende mejor cuando palabras e imágenes se integran física y temporalmente.



d) Modalidad (Low & Sweller, en Mayer, 2005): Sostiene que se aprende mejor a partir de graficas y narraciones, que de grafica y textos escritos.

e) Redundancia (Bransford, Brown & Cocking, 1999): Sostiene que se aprende mejor cuando la misma información se presenta en una sola vez por determinado canal.

f) Segmentación, penetración y modalidad (Mayer & Anderson, 1992): Sostiene que se aprende mejor cuando un mensaje multimedia es presentado en segmentos o pasos de aprendizaje en vez de una unidad continua y cuando se conocen los nombres y características de los conceptos principales.

g) Coherencia, señalamiento, contigüidad espacial-temporal y redundancia (Mayer, 2005): Sostiene que se aprende mejor cuando el material extraño se excluye, cuando se incluyen claves que destacan la organización del material esencial y cuando las correspondientes palabras e imágenes se presentan cerca una de otra en el tiempo. Se aprende más de grafica y narración que de grafica, narración y texto en pantalla.

h) Personalización, voz e imagen (Mayer & Anderson, 1991): Sostiene que se aprende mejor cuando las palabras en la presentación multimedia están en un estilo conversacional, más que en uno formal y cuando las palabras son dichas en acento humano estándar, en vez de voces “computacionales” o con acento extranjero. No necesariamente se aprende más porque aparezca la imagen del narrador en la pantalla.

Por otra parte, se han propuesto además los siguientes **principios avanzados** del aprendizaje multimedia:

a) Descubrimiento guiado (de Jong, en Mayer 2005): Sostiene que se aprende mejor cuando se incorpora una “guía” a los entornos multimedia basados en el descubrimiento.

- b) Ejemplo resuelto (Renkl, en Mayer 2005): Se aprende mejor cuando se reciben ejemplos resueltos en el aprendizaje de inicial de habilidades.
- c) Colaboración (Johanssen, Lee, Jang & Laffley, en Mayer, 2005): Se aprende mejor cuando hay actividades colaborativas on-line.
- d) Autoexplicación (Roy & Chi, en Mayer 2005): Se aprende mejor cuando se motiva a los alumnos a generar autoexplicaciones durante el aprendizaje.
- e) Animación e interactividad (Betrancourt, en Mayer 2005): No necesariamente se aprende mejor desde animaciones que desde diagramas estáticos.
- f) Navegación (Rouet & Pottelle, en Mayer 2005): Se aprende mejor en ambientes de hipertexto cuando se poseen ayudas apropiadas de navegación.
- g) Mapa de sitio (Shapiro, en Mayer 2005): Se aprende mejor en un ambiente on-line, cuando la interface incluye un mapa que muestra en que parte de la lección va el usuario
- h) Conocimiento previo (Kalyuga, en Mayer 2005): Los principios de diseño instruccional que fomentan el AM para novatos, pueden contener material que fomente el AM en alumnos más expertos.
- i) Envejecimiento cognitivo (Paas, Van Gerven & Tobbers, en Mayer 2005): Los principios de diseño instruccional que expanden efectivamente la capacidad de memoria de trabajo, son especialmente mas útiles para alumnos de mayor edad.

### 2.3.3 Teorías del Aprendizaje Multimedia.

Diversos autores plantean que en el diseño de presentaciones multimedia para uso en docencia, los diseñadores instruccionales deben basar sus decisiones en una teoría sobre como los estudiantes aprenden. De esta manera, se describen a lo menos tres metáforas, entendidas como conceptos que subyacen al aprendizaje (Mayer & Moreno, 2002):

a) “Aprendizaje multimedia como fortalecedor de la respuesta”:

Considera el AM como sistema de entrega de feedback. El aprendizaje involucra aumentar o disminuir la conexión entre estímulo y respuesta. El principio subyacente es que la conexión se fortalece con una recompensa. Esta metáfora distingue:

- Contenidos: conexiones mentales.
- Aprendiz: receptor pasivo de premios y castigos.
- Profesor: dispensador de premios y castigos.
- Objetivo de la multimedia: constituir un sistema de ejercicios.

b) “Aprendizaje multimedia como forma de adquisición de información”- Teoría de la entrega de la información:

Considera que el aprendizaje consiste en agregar información a la memoria. De acuerdo a esta teoría, el AM es un sistema para entregar información a los estudiantes. El rol del diseñador instruccional es presentar información y el rol del estudiante es recibirla. Por ejemplo, cuando una explicación se presenta en palabras el estudiante puede almacenar la información en la memoria. Agregar imágenes (como animaciones), puede no tener efecto sobre el aprendizaje si las imágenes contienen la misma información que las palabras. Por esta razón, de acuerdo estrictamente a la teoría de entrega de información, las presentaciones multimedia podrían no resultar en mejores aprendizajes que las presentaciones por un solo medio. Sin embargo, si un

estudiante prefiere presentaciones visuales y otro prefiere verbales, una presentación multimedia sería efectiva en entregar información para ambos.

En resumen, esta teoría distingue:

- Contenidos: información.
- Aprendiz: receptor pasivo de información.
- Profesor: dispensador de información.
- Objetivo de la multimedia: constituir un sistema de entrega de información.

c) “Aprendizaje multimedia como construcción del conocimiento”- Teoría cognitiva:

Considera el AM como una ayuda cognitiva y el aprendizaje como una actividad para dar sentido al material presentado. Así, plantea que el aprendizaje significativo ocurre cuando los estudiantes construyen representaciones mentales coherentes del conocimiento. Se basa en 3 preceptos sugeridos por la investigación cognitiva:

- Dualidad de canales: los humanos poseen canales separados para procesar representaciones visuales/pictóricas y auditivo/verbales. (Baddeley, 1998; Paivio, 1986).
- Capacidad limitada: solo algunas partes de la información pueden ser activamente procesadas de una vez en cada canal.
- Procesamiento activo: el aprendizaje significativo ocurre cuando el estudiante logra ciertos procesos cognitivos como seleccionar el material relevante, organizarlo coherentemente e integrarlo con el conocimiento que ya posee.

En resumen, en esta teoría distinguen:

- Contenidos: conocimiento.
- Aprendiz: hacedor activo de sentido.
- Profesor: guía cognitivo.
- Objetivo de la multimedia: sistema de guía cognitiva.

## **2.4 TECNOLOGÍAS DE VISUALIZACIÓN Y EDUCACIÓN SUPERIOR EN CIENCIAS.**

### **2.4.1 Valor de las visualizaciones en el aprendizaje.**

Diversas investigaciones educativas han mostrado que la percepción visual es el sentido más desarrollado en los humanos y constituye una importante vía de aprendizaje (Pandey & Zimitat, 2007). La visión permite captar y procesar información del entorno para tomar decisiones o formar conceptos a partir de esa información. Desde una perspectiva educacional, la visualización ayuda al estudiante a comprender procesos complejos porque ayuda a la conversión de un concepto abstracto en un objeto visual específico que puede ser mentalmente manipulable (McClean et. al., 2005).

Las representaciones, tanto internas como externas son ampliamente usadas en todos los aspectos de la vida y todos los ambientes. Los modelos se producen mediante analogía: como la visualización depende de la percepción y la manipulación mental de objetos en el espacio, la representación depende del número de dimensiones físicas de éstas (Pandey & Zimitat, 2007).

La investigación también ha demostrado que el uso de herramientas visuales bien diseñadas permite a los estudiantes procesar grandes cantidades de información en periodos relativamente cortos y construir su visualización personal de un proceso (Kraidy, 2002; Linn et al., 1996 en McClean et. al., 2005).

Según Gilbert., Reiner & Nakhleh (2008) es posible distinguir dos conceptos de visualización:

- Verbo: comprensión de significado atribuido a una representación interna. La representación mental producida por un individuo desde una visualización es una imagen.

- Sustantivo: representación que se ha puesto a disposición del público en objetos materiales o formas visuales, verbales o simbólicas. Para efectos de esta tesis, se utilizará esta noción de visualización.

Para estos autores, en el caso de las ciencias, la visualización es de especial importancia en tres aspectos del aprendizaje pues permite:

- Aprender modelos de consenso o históricos específicos: el modelo de consenso se refiere a los modelos usados por una comunidad de científicos. El histórico es un modelo que una vez tuvo estatus de consenso y fue superado, pero aun tiene valor explicativo.
- Aprender a desarrollar nuevos modelos cuantitativos.
- Aprender a desarrollar nuevos modelos cualitativos.

En el caso de la física y la química, dado que los estudiantes deben lidiar con objetos tridimensionales, la habilidad de visualizar y manipular formas mentalmente es de gran ayuda para el aprendizaje. Asimismo, esta necesidad de visualizar entidades invisibles representa un problema para la docencia a nivel superior, pues los modelos de visualización usados para observar el mundo microscópico han probado ser de mucha dificultad para los estudiantes, quienes solo han observado representaciones en dos dimensiones y en muchos casos son incapaces de visualizar y manipular un modelo científico en 3D, por lo que un estudiante que presenta dificultades en el pensamiento tridimensional o no es un aprendiz visual, se encontrará en desventaja frente a sus pares que si lo son (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002).

El interés en el valor educacional de imágenes, diagramas y gráficos en la educación de las ciencias ha aumentado notablemente en los últimos años (Gilbert., Reiner & Nakhleh, 2008). En la última década, el enfoque unificador de muchos cursos de biología ha evolucionado desde un énfasis en organismo completo, a concentrarse en las bases celulares y moleculares de la vida, guiando preguntas sobre función,

estructura, desarrollo y evolución en estos niveles. La complejidad de estos procesos y su interrelación es difícil de comprender para muchos estudiantes, por lo que un desafío importante para los educadores en biología es enseñar estos procesos de manera que los estudiantes puedan entender su complejidad (McClellan et. al., 2005). Por esta razón, muchos profesores buscan nuevos enfoques que mejoren el aprendizaje de los procesos biológicos. El uso de visualizaciones es significativo dentro de estos enfoques y constituye una herramienta valiosa en el aprendizaje de tópicos científicos (Gordin and Pea, 1995) porque ayuda a los estudiantes a comprender relaciones conceptuales y espaciales importantes (Brodie et al., 1992).

En el caso de la anatomía, existe evidencia empírica que apoya la importancia de las habilidades de visualización en este aprendizaje, confirmando que las habilidades espaciales parecen ser un predictor del éxito del estudiante (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002). La visualización y comprensión parecen estar asociados con el aprendizaje profundo para aprender anatomía, pero no es sorprendente que los estudiantes adopten estrategias de aprendizaje superficiales para pasar los exámenes, como memorizar hechos y listas o usar métodos mnemotécnicos. En un estudio realizado por Pandey & Zimitat (2006), la visualización o habilidad especial fue mencionada por 1/3 de los estudiantes como relevante para aprender anatomía. Para algunos estudiantes puede ser simplemente memorizar una imagen; para otros puede ser parte de un proceso más complejo de establecer relaciones entre estructuras y funciones e incluso la capacidad de rotar las imágenes en la mente. De esta manera, el aprendizaje exitoso de anatomía requeriría un balance entre memorización con comprensión y visualización.

#### **2.4.2 Tecnologías computacionales para visualización gráfica.**

Las visualizaciones graficas son uno de los principales alcances de las tecnologías computacionales modernas, lo que ha permitido generar herramientas educativas de alta calidad que incluyen programas interactivos, presentaciones multimedia y más

recientemente, realidad virtual. Las representaciones estáticas y dinámicas proveen un poderoso lenguaje cuando las palabras y los gestos no resultan efectivos (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002).

Actualmente, existen diversos tipos de visualizaciones en formatos digitales, cuyo desarrollo se ha visto facilitado por el incremento exponencial de la capacidad de memoria de los computadores personales y del desarrollo de software para crear representaciones gráficas, lo que ha introducido mayores innovaciones en las técnicas instruccionales en el área biomédica (Gilbert., Reiner & Nakhleh, 2008).

#### a) Representaciones Gráficas:

Las representaciones graficas suponen la utilización de computadores para presentar materiales o ayudas visuales de los contenidos que se desea enseñar (Trindade, Fiolhais & Almeida, 2002). Consisten principalmente imágenes fijas o en movimiento, esquemas o diagramas; son visualizaciones que aumentan la información presentada de manera verbal o en un texto, al centrar el foco en el estudiante (Mayer, 1989). Por ejemplo, un video se refiere a una imagen en movimiento que describe el movimiento de objetos reales. Similarmente una ilustración es una imagen estática de objetos dibujados o simulados mientras que una fotografía es una imagen estática de objetos reales. (Mayer & Moreno, 2002).

Las representaciones gráficas son más efectivas cuando entregan contenido sobre el cual el estudiante tiene algún conocimiento previo (Mayer and Gallini, 1990, en McClean et. al., 2005)). El valor de las gráficas parece estar asociado a la “Teoría de la codificación dual” (Paivio, 1979,1991en McClean et. al., 2005)), la que sugiere que la retención en la memoria a largo plazo se ve facilitada por una combinación de claves verbales y visuales.



Las herramientas multimedia proveen diversos niveles de sofisticación para la creación de representaciones gráficas: por ejemplo, las presentaciones de diapositivas como Microsoft PowerPoint pueden entregar una representación gráfica paso a paso de un proceso individual, destacando interacciones específicas (Pandey & Zimitat, 2007).

b) Modelos:

El modelado del cuerpo humano está experimentando un crecimiento continuo y acelerado. Esto en parte se debe a la creciente demanda de gráficas computacionales, aplicaciones de realidad virtual e interfaces de aspecto humano lo que ha hecho surgir la necesidad de producir modelos realistas del cuerpo humano y su movimiento (Sarris & Strintzis, 2005). Modelar el cuerpo humano primero implica la adaptación de una estructura 3D articulada, para representar sus hechos biomecánicos. Luego, implica definir el modelo matemático a usar para gobernar los movimientos de esa estructura articulada (Aifanti, Grammalidis & Malassiotis, en Sarris & Strintzis, 2005).

Otras aplicaciones de los modelos digitales son las visualizaciones de estructuras en el campo de la biología celular y molecular. En este ámbito, se pueden mencionar los extensos avances en cristalografía por rayos X y computación que han brindado la posibilidad de acceder a la estructura tridimensional de cientos de proteínas (Wood, 2001).

c) Animaciones:

Actualmente, los profesores usan diversas herramientas de visualización, por ejemplo dibujar en una pizarra. Sin embargo, este enfoque no es efectivo cuando se trata de ilustrar como ciertas moléculas o estructuras interactúan. Aunque se ilustren en la pizarra todos los detalles de la interacción, esto a menudo resulta en un dibujo sin orden consistente en series complejas de líneas y flechas que apuntan hacia y desde diferentes objetos. Esto, que puede tener sentido para un estudiante experimentado,

no resulta informativo para alguien que estudia una materia por primera vez (McClean et. al., 2005).

Según Mayer & Moreno (2002) una animación se define como una imagen en movimiento simulada, que describe el movimiento de objetos dibujados o simulados. Los aspectos principales de esta definición son los siguientes:

- Imagen: una animación es un tipo de representación pictórica.
- Movimiento: una animación describe un movimiento aparente.
- Simulación: una animación consiste en objetos que son artificialmente creados a través de dibujo u otro método de simulación.

Las animaciones computacionales, en dos y tres dimensiones, son una nueva herramienta educacional que fomenta el aprendizaje a largo plazo al llamar la atención sobre ciertos objetos, en etapas tempranas de la instrucción (Gagne', 1985; Rieber, 1994).

El movimiento distingue la animación de las imágenes fijas y provee una representación transicional que captura las interrelaciones críticas a lo largo de un proceso específico (Goldstein et al., 1982 en McClean et. al., 2005). El movimiento apoya los aspectos visuales de la memoria a largo plazo, un efecto no observado en imágenes estáticas (Mayer and Anderson, 1991). Este resultado es más dramático en individuos que tienen dificultades en manejar relaciones espaciales (Blake, 1977 en McClean et. al., 2005).

Las animaciones ilustran los estados transicionales de un proceso. Esta técnica de visualización es efectiva si los objetos capturan la complejidad de los componentes individuales y como estos interactúan (Tversky, Morrison & Betrancourt, 2002). Rieber (1994) demostró que el uso de animaciones para comunicar ideas y eventos que cambian en el tiempo reduce la abstracción asociada con la transición temporal del proceso.

De acuerdo a la Teoría de la Codificación Dual (Paivio, 1991), el aprendizaje se logra mejor cuando una animación se complementa con una clase, porque esta combinación provee una referencia desde la cual los estudiantes pueden apreciar el conocimiento presente en la animación.

En particular, la enseñanza de procesos celulares y moleculares complica a los profesores porque estos generalmente solo poseen herramientas bidimensionales para enseñar algo que sucede en 4 dimensiones. La investigación educativa ha demostrado que la visualización de procesos en 3D ayuda al aprendizaje y que las animaciones son herramientas de visualización efectivas para estudiantes y proveen una ayuda a la retención y memoria a largo plazo (McClellan et. al., 2005).

La mayoría de los textos actuales de biología contienen CD's con animaciones los cuales caracterizan procesos complejos en dos dimensiones. Dado a que estas animaciones son planas, existen importantes relaciones espaciales del proceso que no son capturadas. Las visualizaciones más efectivas revelan la complejidad de los objetos involucrados en el proceso, proveen una representación espacial de ellos e ilustran su interacción, mostrando los estados transicionales por los que atraviesan los objetos durante el proceso. Las animaciones 3D de alta calidad poseen todos estos atributos (Tversky, Morrison & Betrancourt, 2002).

En cuanto a las animaciones relacionadas con el cuerpo humano, dada la complejidad inherente de este, supone una gran dificultad en el proceso de animación, que se ha abordado con técnicas específicas tales como lenguajes de modelado y estándares desarrollados para estos propósitos (Sarris & Strintzis, 2005).

## **2.5 USO DE ANIMACIONES TRIDIMENSIONALES EN EDUCACIÓN CIENTÍFICA.**

### **2.5.1 Valor de las Animaciones en la Enseñanza Superior en Ciencias.**

Las animaciones tienen un gran potencial para enseñar ciencia porque facilitan que el estudiante comprenda procesos y visualice conceptos abstractos. Pueden dar vida a procesos complejos y entregar a los estudiantes una visión de eventos dinámicos que las graficas estáticas no logran dar. Las animaciones a menudo describen modelos basados en la investigación actual y proveen modelos conceptuales sobre los cuales diseñar futuros experimentos (Stith, 2004).

Algunas animaciones son interactivas y pueden implementarse siguiendo los principios de educación efectiva de formas que una simple narración no logra (Mayer & Moreno, 2002).

Aunque ciertas visualizaciones como la video microscopia se han usado como una valiosa herramienta educacional, el uso de animaciones computacionales en docencia científica se ha expandido recientemente, como es posible apreciar en las numerosas animaciones que acompañan los libros de textos. Las animaciones pueden tener ventajas sobre la video microscopia incluyendo (Stith, 2004):

- Simplificación
- Resolución y magnificación ilimitadas
- Capacidad de destacar ciertos elementos en un trasfondo complejo
- Control de movimiento, forma o cambios de color.

En lo que respecta a la enseñanza de la biología celular, ésta involucra procesos dinámicos que se prestan para ser animados y hay evidencia acumulada de que las animaciones son más efectivas para el proceso de aprendizaje que las imágenes secuenciales estáticas. La animación clarifica aquellos procesos que involucran

movimiento y brinda la posibilidad de introducir cada paso de un proceso de manera independiente, reduciendo la confusión de las imágenes estáticas, donde todos los pasos se presentan al mismo tiempo (Nicholls and Merkel, 1996; Pollock *et al.*, 2002).

Por otra parte, uno de los problemas al enseñar biología celular es que el entendimiento actual de muchos procesos celulares está incompleto o equivocado. De esta manera, las animaciones pueden incluir eventos hipotéticos que no está probado que ocurran, pero que con los avances en el conocimiento y las nuevas publicaciones pueden ser corregidos. Así, las animaciones pueden representar el mejor modelo actual con que se cuenta hoy ser continuamente actualizadas (O'Day, 2005).

Ante el evidente potencial de la animación como herramienta educacional, Mayer & Moreno, 2002 plantean interrogantes sobre si el uso de animaciones:

- promueve el aprendizaje.
- permite que los estudiantes aprendan más que desde otros modos de presentación.
- debiera incrementarse en los programas educacionales.

### **2.5.2 Diseño y Uso Efectivo de Animaciones en Educación Científica.**

Existe evidencia de que las animaciones ayudan a aprender conceptos dinámicos en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, el acceso a animaciones de alta calidad muchas veces se ve restringido o es costoso para los usuarios. Si bien existen muchas animaciones, la vasta mayoría de ellas viene asociada a libros de texto, siendo menor la cantidad que se encuentra disponible gratuitamente. (O'Day, 2006a). Por otra parte, los paquetes o software para desarrollar animaciones a nivel profesional son costosos y difíciles de aprender, por lo que la producción de incluso animaciones sencillas puede tomar semanas o meses.

Las animaciones pueden ser usadas en distintos contextos educativos, como por ejemplo (Mayer & Moreno, 2002):

- Mensaje instruccional multimedia: Presentación multimedia que tiene la intención de explicar algo a alguien.
- Juego de micromundo: Los estudiantes interactúan con simulaciones basadas en animaciones, que recrean una situación real con la intención de enseñar conceptos científicos o matemáticos.

En el desarrollo de animaciones de cualquier tema, es importante comprender los atributos pedagógicos que son más efectivos. Según Stith (2004), el valor de una animación puede evaluarse en función de su:

- Contenido: Las animaciones menos útiles son las que sobresimplifican un concepto u omiten muchos pasos de un proceso. Estas animaciones pueden ser inconducentes pues omiten contenidos relevantes para la comprensión de los que pretenden explicar. Incluso si la animación es acertada, si esta sobresimplificada puede no representar ventajas por sobre una imagen estática respecto al aprendizaje de los alumnos.
- Aspectos técnicos: En este sentido, es necesario considerar algunas reglas generales:
  - Los archivos deben ser de un tamaño relativamente pequeño, para poder descargarlas rápidamente de internet.
  - El visor de animaciones debe estar disponible tanto para plataformas MAC como para PC
  - La animación debiera incluir cierta interactividad, mediante teclas que el estudiante pueda apretar para producir una acción o hacer una elección o mediante “pop-up” al poner el cursor del mouse sobre un elemento.
  - Las animaciones que usan imágenes basadas en vectores generan formas mediante ecuaciones matemáticas, las que pueden ser agrandadas o reducidas

sin que la imagen se degrade. Las imágenes por mapa de bits se producen por una serie de puntos de color individuales, las que se degradan al ser agrandadas.

Las animaciones tienen un gran potencial de mejorar el aprendizaje humano, sobre todo cuando el objetivo es promover la comprensión en profundidad.

Según Mayer (2005), las presentaciones multimedia deben diseñarse de manera que promuevan los procesos cognitivos requeridos para el aprendizaje significativo: selección, organización e integración y estar basadas en la investigación cognitivo teórica y experimental. De esta manera, las animaciones pueden promover la comprensión en el estudiante cuando son usadas de manera consistente con la Teoría Cognitiva del aprendizaje multimedia (AM).

La revisión de la literatura indica que existen ciertos parámetros que deben ser considerados al realizar una animación educacional (O'Day, 2006a, 2006b, Mayer, 2003, McClean et. al. ,2005, Stith, 2004), los que determinan las condiciones para el uso en instrucción multimedia y deben guiar el diseño de estas animaciones. Mayer & Moreno (2002) evaluaron siete principios del aprendizaje multimedia aplicados a la creación de animaciones, comparando el desempeño en tareas de transferencia (resolución de problemas) en estudiantes que aprendieron con y sin una determinada condición (como coordinación temporal de animación y narración). Se usó la transferencia como medida de aprendizaje significativo (o comprensión) porque evidencia la habilidad del estudiante para utilizar lo aprendido en situaciones nuevas. Los principios propuestos para el desarrollo y uso efectivo de animaciones en educación científica son:

- Principio Multimedia: Presentar animación y narración en vez de narración sola. Fundamento: A los estudiantes les es más fácil construir representaciones mentales entre las correspondientes palabras e imágenes cuando ambas son presentadas, que

cuando solo una de ellas es presentada y el estudiante debe crear mentalmente la faltante.

Está bien documentado que las animaciones narradas son más efectivas que las que no poseen narración (Mayer & Anderson, 1992; Sweller, 1994; Lowe, 2003). Además, las animaciones con narración verbal son más beneficiosas para el estudiante que las que tienen narración visual. (Mayer & Anderson, 1992). Investigaciones previas han establecido que una animación narrada es más efectiva en comunicar procesos biológicos complejos que su equivalente gráfico con figura y texto (O'Day, 2007). Sin embargo, muchas animaciones de libre disposición online no incluyen narraciones y por lo general son usadas en clases mientras el profesor provee la narración (Stith, 2004; McClean *et al.*, 2005). Los estudiantes que acceden a la animación online no cuentan con la narración del profesor.

- Contigüidad espacial: Presentar el texto en pantalla cerca de la correspondiente animación, en vez de lejos de ella.

Fundamento: A los estudiantes les es más fácil construir representaciones mentales entre las correspondientes palabras escritas e imágenes cuando ambas son presentadas cerca una de otra en la pantalla (espacialmente). Si no es así, los estudiantes perderán recursos de la limitada capacidad cognitiva en buscar la parte de la animación que corresponde al texto presentado.

Según Mayer (2003) hay evidencia de que los estudiantes aprenden más efectivamente cuando se combinan palabras e imágenes (“efecto multimedia”) que desde palabras solas y cuando las palabras impresas son ubicadas de manera adyacente a la imagen correspondiente (“efecto de contigüidad espacial”) estos resultados son consistentes con la Teoría de Carga Cognitiva, la cual se basa en el concepto de que la capacidad de memoria de trabajo es limitada, y que usando el



canal tanto visual como auditivo, se puede aumentar su capacidad (Mayer and Anderson, 1992; Sweller, 1994; Mayer *et al.*, 2001).

- Contigüidad temporal: Presentar animación y la narración correspondiente simultáneamente en vez de sucesivamente

Fundamento: A los estudiantes les es más fácil construir representaciones mentales entre la correspondiente narración e imagen cuando ambas están al mismo tiempo en la memoria de trabajo.

- Coherencia: Excluir elementos extraños (palabras, sonidos, incluyendo la música o imágenes).

Fundamento: El estudiante puede atender a material irrelevante y destinar menos recursos cognitivos disponibles para construir conexiones mentales entre las partes relevantes de la animación y la narración.

Existe evidencia que sugiere que los estudiantes no se desempeñan mejor con las animaciones si estas contienen más información de la apropiada. Para lograr una comprensión apropiada del material el contenido debe ser fácilmente percibido y entendido. Las animaciones que se mueven muy rápido o que contienen detalles excesivos o excesivo realismo pueden saturar al estudiante y llevar a poca comprensión (Tversky & Morrison, 2002).

- Modalidad: Presentar animación y narración en vez de narración y texto en pantalla.

Fundamento: El canal visual del estudiante puede sobrecargarse cuando se presentan palabras e imágenes ambas de manera visual, debido a que el estudiante deberá procesar el texto en pantalla y la animación por el canal visual. Por esta razón, el

estudiante puede destinar menos recursos cognitivos para construir conexiones entre palabras e imágenes. En contraste, cuando las palabras se presentan por el canal auditivo, es menos probable que el canal visual se sobrecargue y es más probable que el estudiante sea capaz de construir conexiones entre palabras e imágenes.

- Redundancia: Presentar animación y narración en vez de animación, narración y texto en pantalla.

Fundamento: Al igual que el principio de modalidad, si se recibe mucha información por el canal visual, éste puede sobrecargarse y afectar el desempeño en tareas de transferencia.

- Personalización: Presentar las palabras en un estilo conversacional en vez de uno formal.

Fundamento: El uso de estilo conversacional (primera y segunda persona singular) facilitaría la comprensión, dado que las personas hacen mayor esfuerzo en comprender algo en lo que están personalmente involucrados.

También podría considerarse la INTERACTIVIDAD como un principio importante (ver Rieber, 1996), porque incluso aunque esta sea mínima (poner pausa, retroceder o adelantar), aumenta el valor educativo de las animaciones (Tversky and Morrison, 2002).

### **2.5.3 Herramientas para Crear Animaciones:**

Existen diversas herramientas disponibles para crear animaciones digitales de diversa complejidad. Champion & Novicki (en Mintzes & Leonard, 2006) revisan algunas de ellas, señalando que se puede desarrollar fácilmente una animación en Power Point ® y convertirla en una archivo de película usando el Camtasia Studio para

presentaciones de Internet o clase. PowerPoint ofrece movimiento simple para introducir varios participantes en el campo de la animación y disolverlos para hacerlos aparecer en la siguiente ilustración. Las presentaciones en Power Point ® y sus sonidos asociados pueden ser convertidos en video usando FLASH ®.

Macromedia FLASH® es compatible con casi todos los sistemas operativos (Linux, Mac, Irix, Solaris, etc). Las animaciones producidas con este programa pueden publicarse en formato gif, jpg, QuickTime, HTML.

Las animaciones o películas QuickTime son diseñados con extensión “.mov”. Aunque los computadores Mac pueden incorporar archivos “.mov” en un PowerPoint ®, estas animaciones no se pueden incorporar en un PowerPoint ® en un PC.

Dado que PowerPoint® en un PC puede incorporar archivos audio-video como “.avi”, es posible convertir un archivo “.mov” a “.avi” con QuickTime Pro (<http://www.apple.com/QuickTime/upgrade/>).

Otro tipo de animación es el “*Graphics Interchange Format*”, o formato de intercambio grafico (o “.gif”) más limitado en sus habilidades que FLASH, pero para animaciones mucho más fáciles de desarrollar, y que no requieren de visores. Para desarrollarlas se pueden usar programas de libre uso, aunque la calidad de estos es variable.

Los programas de animación 3D como Autodesk Maya o Studiomax, requieren un conocimiento computacional más profundo y software más poderosos, pero permiten la realización de animaciones de alta calidad, donde se perciben mejor las relaciones espaciales entre los objetos que participan en determinado proceso. Generalmente producen archivos QuickTime (extension: .mov).

Para animaciones sofisticadas (por ejemplo, un minuto de animación puede requerir más de 20 horas de trabajo), se puede contratar a una compañía (por ejemplo <http://www.biocreations.com>, [www.xvivo.net](http://www.xvivo.net) ) o un estudiante de artes, ciencias o computación para ayudar a desarrollar las animaciones.

#### **2.5.4 Evaluación del Uso de Animaciones.**

Dado que los estudiantes aprenden por diversos métodos, (auditivo, visual, y cinestésico), el uso de animación y sonidos asociados puede presentar conceptos mas efectivamente que imágenes estáticas o la lectura de un texto. El beneficio de las animaciones para un estudiante que aprende de manera visual es obvio, pero incluso quienes aprenden cinestésicamente pueden verse mas involucrados en el aprendizaje, dada la posibilidad de controlar la animación con el mouse (Kearsley, 1996).

Las animaciones digitales pueden ser usadas en aula y luego ser puestas a disposición en la Web o un CD, de manera que los estudiantes puedan acceder a estas herramientas de aprendizaje en casa, en su trabajo o mientras viajan. Así, puede haber más beneficios a largo plazo en el uso de animaciones que pueden ser difíciles de cuantificar (Stith, 2004).

Existe extensa literatura argumentando que las animaciones son más efectivas que las imágenes estáticas secuenciales para enseñar eventos dinámicos. (Pollock *et al.*, 2002; Tversky and Morrison, 2002, Stith 2004 McClean *et al.*, 2005, O'Day, 2006a).

A pesar de la investigación realizada sobre el valor de las animaciones como herramientas pedagógicas, no se ha abordado el asunto de la retención de la información aprendida (O'Day, 2007). Sin embargo, McLean *et. al.* (2005) señalan que la retención aumenta significativamente cuando a los estudiantes se les presenta una animación y luego se les permite estudiarla.

Los comentarios de los estudiantes proveen información adicional sobre el valor de las animaciones en el proceso pedagógico. En estudios sobre el efecto del uso de animaciones, los resultados en los tests y la satisfacción de los estudiantes fue mayor en el grupo que había visto la animación (O'Day, 2007).

### **2.5.5 Lineamientos para investigación futura.**

El consenso entre los investigadores es que las animaciones pueden o no promover el aprendizaje dependiendo de la manera en que se usen. Por esta razón el estudio del efecto de estos medios ha sido reemplazado por el estudio de las condiciones en que estos medios, como la animación, afectan el proceso de aprendizaje. Partiendo de un enfoque centrado en el estudiante, es necesario entender como pueden ser usadas las animaciones de formas que sean consistentes con la manera en la que las personas aprenden. En vez de preguntar si la animación mejora el aprendizaje, es necesario preguntarse cuándo y cómo la animación afecta el aprendizaje. (Mayer & Moreno, 2002).

La investigación y experimentación respecto al aporte de la tecnología en este ámbito se ha enfocado principalmente en determinar el impacto de las animaciones 3D sobre la retención de ciertos contenidos o la comprensión de determinados procesos. Por ello, existe necesidad de realizar investigación sobre los contextos de uso más efectivos y evaluación del impacto educativo de estas herramientas con instrumentos que respondan a los nuevos enfoques curriculares en educación biomédica, centrados en la permanencia de los aprendizajes en el tiempo y en capacidades como la transferencia del conocimiento a situaciones nuevas.

Es necesario comprender el contexto y estilos de aprendizaje de los alumnos y la realidad de enseñanza de los docentes en los ámbitos científicos acotados a nuestro sistema educativo. Debemos reconocer la enorme brecha tecnológica en investigación

sobre esta materia (animaciones tridimensionales en ámbitos educativos) entre nuestra realidad y la de países desarrollados que llevan décadas investigando estas cuestiones. No basta solo de dotar a profesores y alumnos de animaciones tridimensionales que ilustran procesos biológicos con potentes visualizaciones y espectaculares gráficas, sino más bien se espera contribuir a la mejora de proceso de enseñanza y aprendizaje de los principales actores educativos.

Se requieren líneas de investigación para determinar cuáles son los escenarios más propicios para incorporar este tipo de herramientas, reflexionar sobre qué etapas del aprendizaje son más sensibles al uso de estas tecnologías y proponer nuevos usos y formas de evaluación de las aplicaciones desarrolladas sobre aspectos como por ejemplo transferencia y permanencia del conocimiento.

La presente investigación tiene como fin último la evaluación, testeo in situ del uso de animaciones tridimensionales y obtención de resultados para la mejora en la formulación y creación de productos tecnológicos y pedagógicos apuntados hacia el aprendizaje en aulas universitarias en el área de las ciencias. Para esto, busca establecer si existe una relación entre la reproducción de modelos y procesos biológicos mediante animaciones tridimensionales (que incluyen video y texto complementario) y la mejora en el rendimiento de alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. El experimento se aplicará a alumnos que cursan actualmente el 2do año de la carrera de fonoaudiología, en las cátedras “Trastornos de la voz I y II” a cargo de los profesores Marco Guzmán Noriega y Luis Romero Romero respectivamente. Cabe mencionar que estos docentes también realizan docencia en otras entidades educativas como Universidad de Valparaíso, Universidad Andrés Bello y Universidad Mayor entre otras, lo que permitiría proyectar esta investigación a una futura segunda etapa.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE ESTUDIO.**

La presente investigación corresponde a un estudio cuantitativo experimental de casos y controles, el que se implementará en la asignatura “Trastornos de la Voz I”, dictado por el Prof. Flgo. Luis Romero, en la Facultad de Medicina en la Universidad de Chile, para evaluar el uso de una animación tridimensional para tratar contenidos respecto al ciclo vibratorio de las cuerdas vocales. Se caracterizará el desempeño de los sujetos de ambos grupos en dos instancias de evaluación, antes y después de aplicado el tratamiento al grupo casos. El análisis estará enfocado en determinar si existe o no asociación entre la variable dependiente (desempeño en la post prueba) y el uso de la animación tridimensional como herramienta educativa. También se pretende estudiar posibles asociaciones entre la variable dependiente y las variables desempeño en tareas de transferencia, retención, rendimiento académico y percepción de los alumnos frente a la animación vista.

El estudio corresponde a un diseño de investigación con pre-prueba, post-prueba y grupo de control. Los sujetos son asignados al azar a los grupos casos y controles, después a éstos se les administra simultáneamente la pre-prueba (certámenes I y II de la asignatura), un grupo recibe el tratamiento experimental (animación tridimensional) y otro no; y finalmente se les administra, también simultáneamente una post-prueba (instrumento diseñado por los docentes de la asignatura para fines de esta investigación).

La adición de la pre-prueba ofrece dos ventajas: primera, las puntuaciones de las pre-pruebas pueden usarse para fines de control en el experimento, al compararse las pre-pruebas de los grupos se puede evaluar qué tan adecuada fue la aleatorización. La segunda ventaja reside en que se puede analizar el puntaje ganancia de cada grupo (la diferencia entre la pre-prueba y la post-prueba). El diseño controla todas las fuentes de invalidación interna por las mismas razones que se argumentaron en el diseño anterior (diseño con post-prueba únicamente y grupo de control). Lo que influye en un grupo deberá influir de la misma manera en el otro, para mantener la equivalencia de los grupos.

### **3.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.**

La variable a manipular será el uso de animaciones tridimensionales. Con los datos obtenidos mediante un cuestionario confeccionado con el profesor, y contrastado con una Pre-Prueba realizada por ambos grupos (control y experimento) la que corresponde a las evaluaciones normales de la asignatura, se pretende determinar la relación entre la variable dependiente “aprendizaje” y la independiente “uso de animaciones tridimensionales”.

Variable Dependiente:

- Aprendizaje, definido como la capacidad de retención y transferencia de conocimientos, medido por los resultados en el cuestionario, lo que se refleja en el puntaje general (en porcentaje de respuestas correctas) obtenido en el cuestionario y en el desempeño en cada sección (retención y transferencia). También medido como “Rendimiento académico”, medida del desempeño académico evaluado en la Pre-Prueba, mediante el promedio de notas de la asignatura “Trastornos de la Voz I” (pruebas I y II del curso).



Variable Independiente:

- Uso de animaciones tridimensionales: definido como la presentación de ciertos contenidos científicos representados en una animación computacional tridimensional acompañada por un texto narrado.

Como una forma de obtener mayor información útil para futuros estudios, se evaluó la percepción de los alumnos que vieron la animación, consistente en la aceptación del material presentado, medida en ella segunda sección del cuestionario.

### 3.3 POBLACIÓN Y GRUPO DE ESTUDIO

La muestra estuvo compuesta por un total de 30 sujetos, divididos aleatoriamente en grupos casos y controles y considerando  $n=15$  para grupo casos y  $n=15$  para grupo control. Esta muestra corresponde a la totalidad de los alumnos de la asignatura "Trastornos de la Voz I" del año 2008 de la carrera de Fonoaudiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Corresponde a una muestra seleccionada por conveniencia desde la población constituida por los alumnos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile debido a que la animación presentada se diseñó especialmente para este curso. Los sujetos participaron voluntariamente del estudio, luego de firmar el correspondiente consentimiento informado.

**Tabla N°3: Marco de Muestreo.**

<b>N°</b>	<b>Grupo 1: Casos</b>	<b>N°</b>	<b>Grupo 2: Controles</b>
01	Aguirre Inés	15	Muñoz Rodolfo
02	Paredes Analía	16	Peralta Carolina
03	Trigo Mabel	17	Pavéz Tania
04	Alarcón Estefanía	18	Turiel, Karen
05	Urritia Daniela	19	Mendoza Karla
06	Méndez Juan	20	Navarrete Amiret
07	Macay Julio	21	Salgado M° Jesús
08	Macaya Cintia	22	Pino Lesli
09	Garín Karla	23	Miranda Camila

10	Pereda Loreto	24	Garrido Tamara
11	Abrigo Camila	25	Pesse Magdalena
12	Orellana Carolina	27	Vivero Martín
13	Gálvez Macarena	28	Yevilaf Paula
14	Munita Aline	29	Saavedra M° José
15	Bowen Macarena	30	Marconi Königin

**Tabla n°4: Desempeño de los sujetos en la pre-prueba, escala de 1 a 7.**

	<b>Grupo 1</b>	<b>Casos</b>		<b>Grupo 2</b>	<b>Controles</b>
		<b>x pruebas</b>			<b>x pruebas</b>
1	AGUIRRE INÉS	5,4	16	MUÑOZ RODOLFO	5,8
2	PAREDES ANALÍA	6,1	17	PERALTA CAROLINA	6,1
3	TRIGO MABEL	5,3	18	PAVEZ TANIA	6,0
4	ALARCÓN ESTEFANÍA	5,8	19	TURIEL KAREN	6,0
5	URRUTIA DANIELA	6,1	20	MENDOZA KARLA	5,2
6	MÉNDEZ JUAN	5,8	21	NAVARRETE ANIRET	5,9
7	MELLA JULIO	4,9	22	SALGADO MA. JESÚS	5,5
8	MACAYA CINTIA	4,5	23	PINO LESLI	4,9
9	GARÍN KARLA	5,8	24	MIRANDA CAMILA	4,8
10	PEREDA LORETO	6,0	25	GARRIDO TAMARA	6,3
11	ABRIGO CAMILA	6,0	26	PESSE MAGDALENA	6,1
12	ORELLANA CAROLINA	5,5	27	VIVERO MARTÍN	5,9
13	GÁLVEZ MACARENA	5,8	28	YEVILAF PAULA	5,1
14	MUNITA ALINE	5,3	29	SAAVEDRA MA. JOSÉ	5,2
15	BOWEN MACARENA	5,8	30	MARCONI KÖNIGIN	5,0

En la Tabla n° 5 se observan los resultados obtenidos por cada sujeto en la pre-prueba y que ambos grupos obtuvieron el mismo puntaje en notas (escala de 1 a 7) correspondiente a un 5,6.

**Tabla n°5: Resultados de la Pre-Prueba por cada grupo.**

Notas Pre-Prueba	N	Mínimo	Máximo	Promedio	D.S.
Casos	15	4,50	6,10	5,6067	,45898
Control	15	4,80	6,30	5,5867	,50690

### 3.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para evaluar el **aprendizaje** de los sujetos se utilizó un cuestionario (ver anexo 1) diseñado por los docentes de la asignatura, el cual comprendía un puntaje máximo de 10 puntos (100% de respuestas correctas) e incluyó los siguientes ítems:

a) Contenidos sobre el ciclo vibratorio de las cuerdas vocales:

Se formularon 10 preguntas de las cuales las primeras ocho correspondían a tareas de retención de información y se respondían mediante selección múltiple y las 2 últimas a tareas de transferencia respondiéndose mediante desarrollo breve. Dada la mayor complejidad de la segunda sección versus la mayor extensión de la primera sección, se contempló la misma cantidad de tiempo para completar ambas secciones. Las preguntas fueron validadas a través del juicio de expertos (docentes a cargo del curso) y testeadas de manera previa al experimento en el 2do año de la carrera de fonoaudiología, con el fin de realizar las correcciones que fueran necesarias al instrumento.

Las preguntas correspondientes a la sección de retención (preguntas 1 a la 8) se separaron en 3 tipos, según los contenidos que se pretendía evaluar. De esta manera se confeccionaron preguntas referentes a estructura/función, mecanismos y procesos implicados en el ciclo vibratorio de las cuerdas vocales.

Las preguntas 1 a la 3 se obtuvieron de los instrumentos de evaluación utilizados por los docentes en la asignatura, para determinar si, luego de ver el material existían variaciones en la comprensión de contenidos sobre fisiología de la fonación que no aparecían explícitamente en la animación, pero se relacionaban con ella.

Las preguntas 4 a la 6 se elaboraron a partir de contenidos expuestos explícitamente en la animación vista, para determinar el impacto de la presentación

simultánea de contenidos en narración y en imágenes. Las preguntas 7 y 8 corresponden a contenidos que sólo se presentan de manera visual, por lo que se requería que el alumno asociara las imágenes con sus conocimientos previos.

b) Percepción de los alumnos:

El grupo casos debió responder un cuestionario de percepción personal sobre la animación vista, el cual constaba de 5 preguntas; tres de selección múltiple y dos de comentarios (ver anexo 2). Si bien los datos obtenidos en esta sección no fueron incluidos como variables en el análisis estadístico para este estudio, se expondrán sus resultados por considerarse de gran relevancia la opinión que los alumnos tienen respecto al uso de este tipo de herramientas y el impacto de ellas sobre su propio aprendizaje.

El cuestionario fue aplicado a los alumnos de 2° año antes de realizar la prueba, con el fin de testear el instrumento y corregir posibles errores que este pudiera presentar, como por ejemplo, problemas de redacción que pudieran inducir a respuestas equivocadas. Solo después de realizadas las correcciones, se aplicó a los grupos del estudio.

El **rendimiento académico** fue medido en la Pre-Prueba mediante los instrumentos de evaluación usados normalmente por los docentes de la asignatura (pruebas parciales I y II) y expresado en una escala de notas de 1 a 7.

### **3.5 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS.**

Según el programa de la asignatura, todos los participantes recibieron la clase expositiva correspondiente a los contenidos de la animación, la cual se presentó apoyada en Power Point y en un módulo de autoaprendizaje (ver anexos). Luego de

distribuir aleatoriamente a los sujetos en ambos grupos pidiéndoles que se dispusieran voluntariamente en dos salas distintas, se procedió a administrar a ambos grupos la segunda parte de la Pre-Prueba correspondiente a la segunda evaluación parcial de la asignatura (la primera parte de la Pre-Prueba se realizó dos meses antes y correspondía a la primera prueba parcial). Posteriormente, luego de un breve intermedio, se dio comienzo al experimento.

Después de que cada grupo recibiera las instrucciones y firmara el formulario de consentimiento informado para participar en el estudio (anexo 2), el grupo 1 (casos) recibió el tratamiento experimental consistente en una animación tridimensional + narración. Este material, llamado "Laringe humana: ciclo vibratorio de las cuerdas vocales" fue desarrollado con el software Autodesk Maya 8.5 de acuerdo a los principios descritos por Mayer (1991, 1992, 2001, 2002a, 2002b, 2005), en conjunto entre docentes de la Escuela de Fonoaudiología de la Facultad de Medicina y el equipo del "Proyecto Lumina" de animaciones tridimensionales, del ICBM y enfatizaba secuencias de eventos y el movimiento en 3D de las cuerdas vocales.

Mientras tanto, al grupo 2 se entregó solo el texto escrito de la animación. Esta etapa tuvo una duración de 7 minutos para ambos grupos, con el objetivo de que todos los participantes estuvieran expuestos al material durante igual periodo de tiempo. Finalmente, se administró a ambos grupos la post- prueba en forma simultánea, la cual tuvo una duración de 20 minutos en ambos grupos.

### **3.6 ANALISIS DE DATOS**

A través del paquete estadístico S.P.S.S. Versión 13 se obtuvieron los valores mínimos, máximos, promedios y desviaciones estándar para los resultados de la prueba en cada uno de los subgrupos estudiados. A través de la prueba de Mann-Whitney se exploraron posibles asociaciones entre el uso de animaciones y los

resultados obtenidos, tanto en la prueba en general, como para las tareas de transferencia y retención estudiadas.

Mediante la prueba de Spearman se buscó establecer posibles correlaciones entre las variables en estudio, especialmente entre el rendimiento en la Pre-prueba y el resultado obtenido en el cuestionario, de manera general y para las variables retención y transferencia por separado.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.**

A continuación, se presentan los promedios de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la post-prueba, constituida por 10 preguntas, las primeras 8 de retención y las últimas dos de transferencia. Los resultados se han dividido en Grupo 1, correspondientes a los obtenidos por el grupo casos y Grupo 2, controles.

#### **4.1.1 Puntaje Total.**

En las Tablas 6 y 7, se presentan los resultados generales obtenidos por cada grupo, tanto en puntajes, como en porcentaje de respuestas correctas. Se presentan los valores mínimos, máximos, promedio y desviación estándar.

**Tabla n°6: Resultados generales del grupo Casos.**

<b>CASOS</b>	N	Mínimo	Máximo	Promedio	D. S.
Test_puntaje	15	4,00	8,00	6,5333	1,24595
Test_porcentaje	15	40,00	80,00	65,3333	12,45946

**Tabla n°7: Resultados generales del grupo Control.**

<b>CONTROLES</b>	N	Mínimo	Máximo	Promedio	D.S.
Test_puntaje	15	4,00	8,00	6,0667	1,16292
Test_porcentaje	15	40,00	80,00	60,6667	11,62919

La Tabla 8 compara el promedio de los resultados generales obtenidos por cada grupo, en porcentajes de respuestas correctas.

**Tabla n°8: Resultados generales por grupo.**

<b>CASOS</b>	<b>CONTROLES</b>
<b>% Resp. Correctas</b>	<b>% Resp. Correctas</b>
65,3	60,7

En las respuestas del grupo que observó la animación los estudiantes obtuvieron un promedio de 65,3% de las respuestas correctas en comparación con el 60,7% del grupo que no vio la animación.

#### 4.1.2 Resultados Tareas de Retención.

La Tabla 10 presenta los resultados en porcentaje, obtenidos por cada grupo en la sección "retención" del cuestionario, en cuanto a valores mínimos y máximos, promedios y desviación estándar.

**Tabla n°10: Resultados por grupo sección "retención".**

Retención Porcentaje	N	Mínimo	Máximo	Promedio	D.S.
CASOS	15	37,50	75,00	63,3333	13,74729
CONTROL	15	37,50	75,00	60,8333	11,44344

Se puede apreciar que el grupo que observó la animación obtuvo un promedio de 63,3% de respuestas correctas en la sección de retención de contenidos, en comparación con el 60,8% del grupo que no la observó.

La Tabla 11 presenta los resultados de la sección "retención", comparando los desempeños promedio por pregunta (de la 1 a la 8) entre grupos.



**Tabla n°11: Promedios obtenidos para cada pregunta por ambos grupos en la sección “retención” (en porcentaje).**

	<b>Grupo Casos</b>	<b>Grupo Control</b>
Preg. # 1	66,7	66,7
Preg. # 2	93,3	86,7
Preg. # 3	86,7	80
Preg. # 4	20	13,3
Preg. # 5	73,3	66,7
Preg. # 6	66,7	66,7
Preg. # 7	53,3	80
Preg. # 8	26,7	40

En la Tabla 11 se aprecia que el grupo que observó la animación obtuvo resultados iguales o superiores al grupo control en las preguntas n° 1, 2, 3 (obtenidas de los instrumentos de evaluación utilizados por los docentes en la asignatura), correspondientes a estructura/función (n°1 y 2) y procesos (n°3) y 4, 5 y 6 (elaboradas a partir de contenidos expuestos explícitamente en la animación vista), correspondientes a procesos (n°4 y 6) y estructura/función (n°5).

El grupo control obtuvo resultados superiores al grupo que vio la animación en las preguntas 7 y 8, sobre a contenidos que sólo se presentan de manera visual, correspondientes a procesos (n°7) y estructura/función (n°8). Para ambos grupos, la pregunta con mayor porcentaje de respuestas correctas fue la número 2 y la con menor porcentaje de respuestas correctas fue la número 4.

#### **4.1.3 Resultados Tareas de Transferencia.**

La Tabla 12 presenta los resultados generales en porcentaje, obtenidos por cada grupo en la sección “transferencia” del cuestionario, en cuanto a valores mínimos y máximos, promedios y desviación estándar.

**Tabla n°12: Resultados por grupo sección “transferencia”.**

Transferencia Pctje	N	Mínimo	Máximo	Promedio	D. S.
Casos	15	,00	100,00	73,3333	31,99702
Controles	15	,00	100,00	53,3333	29,68084

Se puede apreciar que el grupo que observó la animación obtuvo un promedio de 73,3% de respuestas correctas en la sección de transferencia de contenidos, en comparación con el 53.3% del grupo que no la observó. Esto representa un 20% de diferencia entre ambos grupos.

La Tabla 13 presenta los resultados de la sección “transferencia”, comparando los desempeños promedio por pregunta (9 y 10) entre grupos.

**Tabla n°13: Promedios obtenidos para cada pregunta por ambos grupos en la sección “retención” (en porcentaje).**

	Grupo Casos	Grupo Control
Preg. # 9	53,3	33,3
Preg. # 10	93,3	73,3

En la Tabla 13 se aprecia que el grupo que observó la animación obtuvo resultados superiores en un 20% al grupo control en las preguntas n° 9 y 10. Para ambos grupos, la pregunta con mayor porcentaje de respuestas correctas fue la número 10 y la con menor porcentaje de respuestas correctas fue la número 9.

#### **4.1.4 Percepción de los alumnos sobre el uso docente de animaciones.**

Los 15 alumnos que observaron la animación respondieron la sección de percepción sobre el material visto. El 100% de ellos consideró que la animación vista fue de ayuda para su aprendizaje y el mismo porcentaje señaló que al momento de

estudiar preferiría usar animaciones e imágenes fijas, en vez de animaciones o imágenes fijas cada una por separado. El 86,7% consideró que el aporte de la animación consistía en “ayudar a comprender el proceso que enseña”, un 33,3% señaló que consistía en “sintetizar una gran cantidad de contenidos” y un 26,7% consideró que el aporte del material radicaba en “disminuir el tiempo para el aprendizaje”.

## **4.2 ESTADÍSTICA ANALÍTICA.**

### **4.2.1 Resultados entre grupos.**

La prueba Mann-Whitney fue llevada a cabo con el fin de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre los resultados obtenidos por ambos grupos en 3 diferentes condiciones: promedio general del test (cuestionario), promedio obtenido en sección de retención y promedio obtenido en sección de transferencia.

- a) Diferencias en resultado general: En el promedio general de respuestas correctas, el grupo 1 obtuvo un mejor rendimiento que el grupo que no observó la animación, sin embargo, la diferencia entre los grupos no resultó ser estadísticamente significativa ( $Z = -1.049$ ,  $p < 0.294$ ), como lo muestra la Tabla 14.
- b) Diferencias en tareas de retención: No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los puntajes de ambos grupos para esta sección, tal como se observa en la tabla 14 ( $Z = -.840$ ,  $p < 0.401$ ).
- c) Diferencias en tareas de transferencia: No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los puntajes de ambos grupos para esta sección, tal como se observa en la tabla 14 ( $Z = -1.787$ ,  $p < 0.074$ ).

**Tabla 14. Diferencias entre grupos en porcentajes de respuestas correctas.**

<b>CONDICIÓN</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
% General	-1.049	0.294
% Retención	-0.840	0.401
% Transferencia	-1.787	0.074

#### 4.2.2 Resultados por pregunta.

La prueba Mann-Whitney fue llevada a cabo con el fin de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre los resultados obtenidos por ambos grupos en cada una de las preguntas del cuestionario. En la Tabla 15 se observa que no se observó diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de ambos grupos en ninguna de las preguntas.

**Tabla n°15: Resultados de cada grupo en cada pregunta del cuestionario.**

<b>Pregunta</b>	<b>Z</b>	<b>p</b>
# 1	0,000	1,000
# 2	-1,000	0,317
# 3	-1,000	0,317
# 4	-1,000	0,317
# 5	-1,000	0,317
# 6	0,000	1,000
# 7	-1,000	0,317
# 8	-1,000	0,317
# 9	-1,000	0,317
# 10	-1,000	0,317

#### 4.2.3 Correlación entre pruebas.

Se evaluó la correlación entre las variables mediante la prueba de Spearman's Rho, con significación estadística indicada por  $p < 0.05$ . Solo las correlaciones mayores o iguales a 0.50 fueron consideradas significativas para la discusión.

En los alumnos del grupo 1, no se observó correlación entre los resultados de la Pre-Prueba con los resultados generales ni en las tareas de retención y transferencia. Sólo se observó correlación estadísticamente significativa ( $p < 0.01$ ) entre los resultados generales y los resultados en la sección de transferencia ( $p < 0.00$ ), como se muestra en la Tabla 16.

**Tabla n° 16. Coeficientes de correlación (Spearman's Rho) para grupo 1.**

			Pre-Prueba	% General	% Retención	% Transferencia
Spearman's rho	Pre-Prueba	Coef. Correl.	1.000	.493	.460	.216
		Sig. (2-tailed)	.	.062	.084	.440
		N	15	15	15	15
	% General	Coef. Correl.	.493	1.000	.875(**)	.457
		Sig. (2-tailed)	.062	.	.000	.087
		N	15	15	15	15
	% Retencion	Coef. Correl.	.460	.875(**)	1.000	-.008
		Sig. (2-tailed)	.084	.000	.	.979
		N	15	15	15	15
%Transferencia	Coef. Correl.	.216	.457	-.008	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.440	.087	.979	.	
	N	15	15	15	15	

### 4.3 DISCUSIÓN.

La literatura ha descrito la preocupación respecto al bajo nivel de conocimientos científico general de la población mundial. Debido a la gran cantidad y complejidad de los conocimientos en el área de la enseñanza en ciencias y al rápido aumento y cambio de ellos, es necesario desarrollar nuevas técnicas de enseñanza y aprendizaje para la docencia superior de tópicos en biología (Serpa, 2008).

A partir de la presente investigación y de acuerdo a las variables consideradas para el análisis, se midió el desempeño en tareas de retención y transferencia de contenidos relacionados con el área biomédica (ciclo vibratorio de las cuerdas vocales) en estudiantes de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile separados en dos grupos: 15 alumnos a quienes se presentaron los contenidos mediante una animación tridimensional realizada por computador, correspondiente al grupo Casos (o grupo 1) y 15 alumnos quienes recibieron solamente el texto escrito.

De acuerdo a lo expuesto por autores como Mayer (1991, 1992, 2001, 2002a, 2002b, 2005), O'Day (2007), Stith, (2004), McClean *et al.* (2005), entre otros, cuyos estudios han demostrado que el uso de animaciones favorece el aprendizaje de contenidos en diversas áreas de las ciencias, se esperaba un desempeño superior en el cuestionario administrado en aquellos estudiantes que habían observado la animación, no solo en el puntaje general, sino principalmente en aquellas preguntas relacionadas con la transferencia de contenidos y las relacionadas con procesos, secuencias de eventos o estructuras que abarcan 3 dimensiones. Asimismo, en el grupo 1, no se esperaba correlación estadísticamente significativa entre los resultados de la Pre-Prueba y los resultados en el cuestionario administrado, es decir, se esperaba que el resultado obtenido en el cuestionario no dependiera de los conocimientos previos del alumno, sino del aporte de la animación vista.

Considerando a Stith (2004) como referencia, en la elaboración del cuestionario aplicado se consideraron preguntas de definición, localización y orden de eventos, divididas en dos secciones; retención (selección múltiple) y transferencia de contenidos (desarrollo breve).

Como señala la estadística descriptiva, los resultados obtenidos en relación a los rendimientos generales, el grupo Casos obtuvo un rendimiento superior en aproximadamente un 4,5% al grupo Control, sin embargo esta diferencia no fue estadísticamente significativa. De la misma manera ocurrió en las secciones de “retención” y “transferencia” de contenidos, donde el grupo Casos obtuvo porcentajes superiores al grupo Control en un 2,5% y 20%, respectivamente. Sin embargo, esta diferencia tampoco resultó ser estadísticamente significativa.

En la sección de “retención”, los alumnos de ambos grupos obtuvieron los mismos resultados (66,7%) en las preguntas 1 y 6. Porcentajes de alrededor de 6,5% superiores fueron obtenidos para las preguntas 2,3,4,5 por los estudiantes que observaron la animación. La mayor diferencia se obtuvo para las preguntas 7, de un 26,7% a favor del grupo Control y 8 de un 13,3% a favor de este mismo grupo. En ambos grupos, los estudiantes puntuaron extremadamente bajo en la pregunta 4 y extremadamente alto en las preguntas 2 y 3 de esta sección. Sin embargo en ninguna pregunta la diferencia entre grupos resultó ser estadísticamente significativa

Para las tareas de “transferencia” los puntajes fueron superiores en un 20% para el grupo Casos para ambas preguntas, puntuando muy bajo los estudiantes del grupo Control en la pregunta 9. Sin embargo en ninguna pregunta la diferencia entre grupos resultó ser estadísticamente significativa.

Esto permite concluir que, a diferencia de lo esperado, los resultados obtenidos por los grupos en todas las condiciones (general, retención y transferencia) fueron similares, obteniendo ambos grupos mejores desempeños en las preguntas n° 1, 2, 3, que fueron obtenidas de los instrumentos de evaluación utilizados por los docentes en

la asignatura, probablemente debido a un fenómeno de “habituación”, por haber tenido contacto previo con dichas preguntas en la Pre-Prueba. Las preguntas 4 y 8 puntuaron extremadamente bajo en ambos grupos, Para ambos grupos, la pregunta con mayor porcentaje de respuestas correctas fue la número 2 y la con menor porcentaje de respuestas correctas fue la número 4.

De esta manera, es importante mencionar que aunque los desempeños del grupo Casos hayan sido levemente mejores que los del grupo Control, ambos grupos presentan un perfil de rendimiento similar en relación a cada pregunta. Ante estos resultados, que contrastan lo esperado según la literatura en relación a las mejoras que conlleva el uso de animaciones sobre el aprendizaje de contenidos científicos, surge la interrogante de por qué no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, pese a la excelente percepción que tuvieron los estudiantes respecto a la animación presentada. Ante esta situación cobra validez la afirmación de Mayer & Moreno, 2002: “en vez de preguntar si la animación mejora el aprendizaje, es necesario preguntarse cuándo y cómo la animación afecta el aprendizaje” a fin de determinar los contextos y usos mas provechosos para este tipo de herramientas educativas.

Entre los factores que podrían explicar estas similitudes en el desempeño de ambos grupos se encuentran las características del instrumento de recolección de datos. Considerando los rendimientos generales y los obtenidos en la sección “retención”, compuesta por 8 preguntas, el grupo Casos logró resultados que son levemente mejores que el grupo Control, lo cual podría explicarse debido a que el uso de animaciones no influiría mayormente en el desempeño en tareas de retención (Mayer, 2005). Sin embargo, debiera mejorar el desempeño en tareas más complejas, que requieren una comprensión cabal de los contenidos, como las relacionadas con la transferencia de conocimientos, lo cual ocurre en este estudio, pero sin alcanzar niveles de significación estadística. Esto podría explicarse porque, debido a que el desarrollo breve requiere mayor tiempo de respuesta que la selección múltiple, la



sección de “transferencia” solo constaba de 2 preguntas, versus las 8 que incluía la sección de “retención”, lo cual no permitiría que se reflejaran estadísticamente las diferencias entre ambos grupos. Esto concuerda con lo expuesto por diversos autores como Pandey & Zimitat (2006) y Stith (2004), que han considerado necesario recalcar la importancia de una adecuada evaluación respecto al uso de este tipo de innovaciones y sobre la necesidad de contar con instrumentos que reflejen fielmente los efectos del uso de estas TIC’S.

Por otra parte, el tiempo de exposición a la animación pudo haber sido muy breve para la gran cantidad de contenidos que sintetizaba. El hecho de que los estudiantes pudieran utilizar la animación como ayuda en sus estudios, podría reflejarse en mejores resultados a largo plazo. Según Mayer & Anderson (1991), “estudiar las mismas animaciones en diversos cursos ofrece a los estudiantes un nivel de familiaridad que constituye una ayuda para el aprendizaje”. De esta manera, una exposición reiterada a la animación podría resultar en mayores beneficios para la comprensión de los contenidos tratados y podría diferenciar en cuanto a desempeño a grupos de estudiantes que utilizaran las animaciones de los que prefirieran solo los métodos convencionales

Debido al tipo de estudio utilizado, el análisis no incluyó los posibles beneficios que representó para los estudiantes la animación vista, los cuales se constatan en las respuestas de los propios alumnos en la sección de percepción sobre el material visto y que según O’Day (2007) son de gran relevancia en la manera en que los estudiantes construyen su aprendizaje. El 100% de quienes vieron la animación la consideraron una ayuda para su aprendizaje y declararon que preferirían usar este tipo de materiales junto con imágenes fijas para estudiar. El 86,3% señaló que la animación vista mejoraba su comprensión de los contenidos enseñados. Esta información puede ser de gran utilidad en investigaciones futuras, cuales podrían además considerar aspectos como la permanencia o retención a largo plazo de los conocimientos evaluados, los que según Mayer & Moreno (2002) se relacionan con aprendizajes de tipo profundo.

Otro factor que es preciso considerar al comparar el rendimiento de ambos grupos, radica en que el tamaño reducido de la muestra ( $n=15$  para cada grupo) no permitió que la diferencia existente entre los desempeños de Casos y Controles adquiriera niveles de significación estadística. Se sugiere en futuros estudios realizar muestras de mayor tamaño.

Los resultados obtenidos en este estudio, sugieren que, de acuerdo a lo esperado, el desempeño de los alumnos que vieron la animación, no se correlacionaba de manera estadísticamente significativa con los resultados obtenidos en la Pre-Prueba, lo que permite concluir que los puntajes obtenidos no se deben a los conocimientos previos de los alumnos respecto a los contenidos presentados. La prueba de Spearman solo arrojó correlación estadísticamente significativa entre el resultado total del test y el resultado de la sección de transferencia, lo que podría indicar que un buen desempeño en esta sección conlleva un buen rendimiento general en los aspectos evaluados.

Dentro de las observaciones generales que se pueden realizar a este estudio, se encuentra el hecho de que el proceso de evaluación total, consistente en la Pre-Prueba, la observación de la animación/lectura del texto (según grupo) y posterior respuesta del cuestionario poseen muy larga duración al ser administradas en conjunto, aproximadamente 1,5 horas y 30 minutos respectivamente. Esta situación puede conducir a error en la obtención de los datos, al introducir variables como el cansancio y la dificultad de los estudiantes de mantener la atención por periodos tan prolongados de tiempo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible refutar las siguientes hipótesis planteadas en el inicio de esta investigación:

1. El uso de animaciones tridimensionales mejora el aprendizaje de contenidos del área científica.
2. El uso de animaciones tridimensionales mejora el desempeño en tareas de retención.
3. El uso de animaciones tridimensionales mejora el desempeño en tareas de transferencia.

Finalmente, es posible validar la siguiente hipótesis:

“El rendimiento luego de ver la animación no se correlaciona con el rendimiento previo de los alumnos (Pre-Prueba).”

## **V. CONCLUSIONES**

Dependiendo del enfoque educacional, existen ciertos contenidos en la enseñanza de las ciencias que se ven favorecidos por el uso de animaciones computacionales tridimensionales, principalmente aquellos que describen secuencias de eventos o permiten visualizar estructuras cuyo tamaño o carácter tridimensional hacen difícil la representación gráfica por medios convencionales (Tversky & Morrison, 2002).

Se evaluó el uso de una animación tridimensional narrada, creada en el Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile para enseñar contenidos relacionados con el ciclo vibratorio de las cuerdas vocales. Luego de una Pre-Prueba para determinar el rendimiento inicial, se presentó la animación a 15 alumnos de tercer año de Fonoaudiología (grupo Casos) y se comparó su rendimiento con otros 15 alumnos que solo habían recibido el texto escrito (grupo Control).

Los resultados obtenidos sugieren que, a diferencia de lo esperado, el grupo que observó la animación no presentó resultados estadísticamente significativos superiores al grupo que recibió solo el texto escrito, en ninguna de las condiciones evaluadas (resultado general, tareas de retención y de transferencia de contenidos). Por su parte, la estadística descriptiva señala que el grupo que observó la animación presenta valores promedio de los porcentajes de respuestas correctas superiores al grupo que no solo recibió el texto escrito, para todas las condiciones evaluadas. No se observó correlación entre el desempeño del grupo casos y su rendimiento en la Pre-Prueba. En la sección de apreciación personal sobre el material evaluado, el 100% de los

estudiantes consideró que la animación vista representaba un aporte para su aprendizaje, principalmente al ayudar a la comprensión de los contenidos tratados.

Lo anterior no significa que las animaciones no impacten positivamente el aprendizaje de contenidos científicos. Las animaciones representan una mejora en el aprendizaje cuando son contextualizadas dentro de una experiencia educacional completa (por ejemplo, un módulo educacional basado en la Web), y no como objetos aislados (Mayer & Anderson, 1991). Son los docentes quienes deben determinar los contextos más apropiados para el uso de animaciones y diseñar formas de evaluación coherentes con el uso de nuevas metodologías.). De esta manera, los docentes deberán diseñar las instancias de aprendizaje e instrumentos de evaluación que mejor se ajusten a las características de cada contenido y grupo humano en particular.

Este estudio representa sólo un primer paso en el estudio del uso de animaciones biomédicas desarrolladas en Chile por equipos multidisciplinarios, de acuerdo a requerimientos pedagógicos y científicos específicos.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA**

1. A., AIFANTI, N., GRAMMALIDIS, N., MALASSIOTIS, S. Advances in Vision-Based Human Body Modeling. EN: SARRIS, N. STRINTZIS, M. (Eds). 3D Modeling & Animation: Synthesis and Analysis for the Human Body. Capitulo I. pp 1-27. 2005. Idea Group Inc. Hershey
2. BAUTISTA GARCÍA-VERA, A. 2004. Calidad de la Educación en la Sociedad de la Información. Revista Complutense de Educación. Vol. 15 No.2 509-520.
3. BIGGS, J. Teaching for Quality Learning at University. 2003, 2<sup>nd</sup> edn. London: Open University Press.
4. BRANSFORD, J.D, BROWN A.L. & COCKING R.. 1999. How People Learn. Washington D.C. National Academy Press.
5. BRODIE, K., CARPENTER, L., EARNSHAW, R., GALLOP, J., HUBBOLD, R., MUMFORD, A., OSLAND, C. & QUARENDON, P. 1992. Scientific Visualization. Springer. Berlin.
6. CHAMPION, T. & NOVICKI, A. Instructional Technology a Review of Research and Recommendations for Use. En: MINTZES, J. LEONARD, W. Handbook of College Science Teaching: Theory, Research and Practice. Capitulo 24, 238-250. 2006. National Science Teacher Association Press. Arlington.
7. CHI, M., BASSOK, M., LEWIS, M. REIMANN, P. & GLASER, R. 1989. Self Explanation: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. Cognitive Science. 13, 145-182.
8. CHICKERIN, A. & GAMBSON, Z. 1987. Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. AAHE Bulletin. Washington D.C. American Asociation for Higher Education.
9. COFFMAN, T. & KLINGER, M. B. 2007. Utilizing Virtual Worlds in Education: the Implications for Practice. International Journal of Social Sciences. Vol 2, No. 1.

10. ENTWISTLE, N & ENTWISTLE, D. Preparing for examinations. The interplay of memorising and understanding, and the development of knowledge objects. 2003. *Higher Educ Res*; 22:19–41.
11. FACULTAD DE MEDICINA UNIVERSIDAD DE CHILE, BOLETÍN INFORMATIVO EL PULSO. En *Estudiantes de Medicina Predomina el Estilo de aprendizaje Teórico y Reflexivo*. 20 de junio de 2008.
12. FELDER, R. & SILVERMAN, L. 1988. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*. 78, 674- 681.
13. GAGNÉ, R. 1985. *The Conditions of Learning*. Holt, Rinehart & Winston. New York.
14. GARDNER, H. 1983. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligence*. Basic Books. Cambridge.
15. GARCÍA-RUIZ, M.A., BUSTOS-MENDOZA, C., ANDRADE-ARÉCHIGA, M. & ACOSTA-DÍAZ, R. 2006 Panorama de la realidad virtual aplicada a la enseñanza de propiedades moleculares. *Educación Química* 17[1], 114-120.
16. GARCÍA M. & MORCILLO J. 2007. Las TIC's en la Enseñanza de la Biología en la Educación Secundaria: los Laboratorios Virtuales, *Revista Electrónica de Ciencias* Vol.6, N°3, 562-576.
17. GILBERT, J., REINER, M., NAKHLEH, M. (Eds.). 2008. *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Springer. Berlín.
18. GORDIN, D. & PEA, R. 1995. Prospects for Cientific Visualization as an Educational Technology. *J. Learn. Sci.* 4, 249-279.
19. GROS, B. 2001. Knowledge Construction and Technology. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. Vol. 11, No. 4, 323-343.
20. HEYDEN, R.J. 2004. Approaches to Cell Biology: Developing Educational Multimedia. *Cell Biological Education*. 3, 93-98.
21. KEMBER, D. 1996. The Intention to Both Memorise and Understand: Another Approach to Learning. *Higher Education*. 31, 342-354.
22. LOWE, R. K. 2003. Animation and Learning: Selective Processing of Information in Dynamic Graphics. *Learn. Instr.* 13, 157-176.
23. MAYER, R.E. 2001a. *Multimedia Learning*. New York. Cambridge University Press.

24. MAYER, R.E. 2001b. Changing Conceptions in Learning: a Century of Progress in then Scientific Study of Education. En CORNO, L. (ed.). Education Across a Century: The Centennial Volume. One Hundred Yearbook of the National Society for the Study of Education. Pp.34-75. Chicago. University of Chicago Press.
25. MAYER, R. (Ed). 2005. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge University Press. New York
26. MAYER, R. & ANDERSON, L. 1991. Animations Needs Narrations: an Experimental Study of a Dual-Coding Hypothesis. Journal of Educational Psychology. 83, 484-490.
27. MAYER, R. & ANDERSON, L. 1992. The Instructive Animation: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning. Journal of Educational Psychology. 84, 444-452.
28. MAYER, R. & MORENO, R. 2002. Animation as an Aid to Multimedia Learning. Educational Psychology Review, Vol. 14, No. 1, 87-99.
29. McCLEAN, P., JOHNSON, C., ROGERS, R., DANIELS, L., REBER, J., SLATOR, B. M., TERPSTRA, J. & WHITE, A. 2005. Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning. Cell. Biol. Educ. 4, 169-179.
30. MINISTERIO DE EDUCACIÓN DE CHILE, PROGRAMA MECE. 1995. Para Mirarte Mejor: Sugerencias Metodológicas para el Uso Educativo de los Videos. Disponible en [http://www.mineduc.cl/biblio/documento/mirarte\\_mejor.pdf](http://www.mineduc.cl/biblio/documento/mirarte_mejor.pdf)
31. MINTZES, J. LEONARD, W. 2006. Handbook of College Science Teaching: Theory, Research and Practice. National Science Teacher Association Press. Arlington.
32. MORA, S. Aplicación del Modelo Honey-Alonso de Evaluación de Estilos de Aprendizaje (Conferencia). Jornada Internacional Estilos de Aprendizaje: Educación y Neurociencias. Facultad de Medicina Universidad de Chile. 24 y 25 de junio de 2008.
33. DÍAZ- VÉLIZ, G. Aplicación del Modelo VAK de Evaluación de Estilos de Aprendizaje. (Conferencia). Jornada Internacional Estilos de Aprendizaje: Educación y Neurociencias. Facultad de Medicina Universidad de Chile. 24 y 25 de junio de 2008.
34. O'DAY, D.H. 2006a. Animated Cell Biology: a Quick and Easy Method for Making Effective High-Quality Teaching Animations. CBE Life Science Educ. 5, 255-263.
35. O'DAY, D.H. 2006b. How to Make Pedagogically Meaningfull Animations for Teaching and Research Using Power Point <sup>TM</sup> and Camtasia <sup>TM</sup> . In: Proceedings of the



IPSI- 2006, International Conference on Advances in the Internet. Processing, Systems and Interdisciplinary Research. Cap 4; Feb 6, Marbella, España.

36. O'DAY, D.H. 2007. The Value of Animations in Biology Teaching: a Study of Long-Term Memory Retention. CBE—Life Sciences Education. Vol. 6, 217–223.

37. PAIVIO, A. 1991. Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status. Can J. Psychol. 45, 255-287.

38. PANDEY, P. & ZIMITAT, C. 2007. Medical Student's Learning of Anatomy: Memorization, Understanding and Visualization. Medical Education. 41, 7-14.

39. PARSLOW, G. 2008. Multimedia in Biochemistry and Molecular Biology Education. Biochemistry and Molecular Biology Education. Vol 36, No. 2. 167-169.

40. PREDA, M., ALEXANDER, I. PRETEUX, F., LAFEUIT, G. Visual Character Definition and Animation Within the MPEG-4 Standard. En: SARRIS, N. STRINTZIS, M. (Eds). 3D Modeling & Animation: Synthesis and Analysis for the Human Body Capitulo II . Pp 27- 48. 2005. Idea Group Inc. Hershey.

41. PRENSKY, M. 2001. Digital Natives, Digital Immigrants, on the Horizon MCB. University Press. Vol 9, No 5, 1-6.

42. RAMSDEN, P. 1992. Learning to Teach in Higher Education. London. Routledge.

43. RICE, J. 2007. Assessing Higher Order Thinking in Video Games. Journal of Technology and Teacher Education. Vol. 15, No. 1. 87-100.

44. RIEBER, L. 1994. Computers, Graphics and Learning. Brown & Benchmark. Madison.

45. SALINAS, J. 2006. La integración de las TIC en las instituciones de educación superior como proyectos de innovación educativa. Universidad de las Islas Baleares. Disponible en <http://www.uib.es/depart/gte/docente.html>

46. SÁNCHEZ, J. 1999. Informática Educativa y la Educación de las Ciencias en el Marco de la Reforma. Revista Enlaces , 5, 9-10.

47. SÁNCHEZ, J. 2003. Integración Curricular de TICs: Concepto y Modelos. Revista Enfoques Educativos , 5 (1), 51-65.

48. SARRIS, N. STRINTZIS, M.G (Eds). 2005. 3D Modeling & Animation: Synthesis and Analysis for the Human Body. Idea Group Inc. Hershey.

49. SERPA, F., DUMPEL, R., GOMES DA SILVA, L., RODRIGUES, C., SANTOS, D., MENDES, L., CASTRO, H. 2008. Just Working with the Celular Machine: a High School Game for Teaching Molecular Biology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. Vol 36, No. 2, 120-124.
50. STITH, B.J. 2004. Use of Animation in Teaching Cell Biology. *Cell. Biol. Educ.* 3, 181-188.
51. TANNER, K., CHATMAN, L. & ALLEN D. 2003. Approaches to Biology Teaching and Learning Across the School-University Divide-Cultivating conversations Through Scientist-Teacher Partnerships. *Cell Biology Education*. Vol 2, 195-201.
52. TRINDADE, J. FIOLEAIS, C. & ALMEIDA, L. 2002. Science in Virtual Environments: a Descriptive Study. *British Journal of Educational Technology*. Vol 33, No. 4. 471-488.
53. TVERSKY, B. & MORRISON, J.B. 2002. Animation: Can it Facilitate? *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 57, 247- 262.
54. VYGOTSKY, L. 1978. *Minds in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press. Cambridge, MA.
55. VILCHES, R. 2005. Integración de las TIC's a la Cultura Docente. *Revista Enfoques Educativos* 7 (1).
56. WOOD, E. 2001. Biochemistry and Molecular Biology Teaching Over the Past 50 Years. *Nature Molecular Cell Biology*. Vol 2, 217-221.



**2. En relación al funcionamiento vocal durante la fonación se ha establecido varias teorías; algunas de ellas establecen que:**

- I. Las cuerdas vocales son estructuras formadas por diversos planos de propiedades mecánicas diferentes
- II. Las cuerdas vocales poseen capacidad ondulatoria de la mucosa del borde libre de la cuerda vocal que incide en el logro de la sonorización del aire.
- III. Todos los elementos del mecanismo presentan un factor de elasticidad característico para cada uno de los planos de la cuerda vocal.
- IV. Sólo se requiere la reacción de las cuerdas vocales al efecto aerodinámico producido por el flujo espiratorio de aire.
- V. Sólo se requiere de un sistema nervioso central y periférico indemne.
  - a. Sólo I y III
  - b. Sólo I y II
  - c. **Sólo I, II, III**
  - d. Sólo IV
  - e. Sólo V

**3. En relación a la fase de inicio del ciclo vibratorio, podríamos afirmar que:**

- I. La aproximación progresiva de los pliegues vocales culmina con la oclusión total del tracto respiratorio.
- II. El flujo de aire espiratorio se asocia a la oclusión total del tracto respiratorio.
- III. Podemos distinguir dos fases: una preparación y otra de ataque.
- IV. La fase de preparación las cuerdas transitan desde una posición de abertura hasta una próxima al cierre de la glotis
- V. La fase de ataque, continúa a la de preparación y concluye con la oclusión completa de la glotis
  - a. Sólo I
  - b. Sólo II
  - c. I y II
  - d. I, II, III, IV
  - e. **I, II, III, IV y V**

**4. Según la teoría mioelástica aerodinámica, los mecanismos que participan en el ciclo vibratorio son:**

- I. Elasticidad de músculos, ligamentos y mucosa.
- II. Flujo aéreo eefector o presión subglótica, que separa las cuerdas vocales.
- III. Elasticidad estática, que permite la mantención de la oscilación.
- IV. Velocidad de flujo que aproxima las cuerdas vocales al generar una presión negativa en la estrechez glótica.
- V- Flujo aéreo eefector o presión subglótica, que aproxima las cuerdas vocales.

- a. Solo I
- b. I y II
- c. I, II, IV
- d. I, II, III, IV**
- e. I, III, IV y V

**5. Ordene la secuencia de hechos según corresponda:**

- I. Aumento de la velocidad de flujo reduce la presión intracordal y produce la oclusión completa de las cuerdas vocales.
- II. Separación, por efecto de la presión subglótica, de las cuerdas vocales que estaban aducidas completamente.
- III. Limitación de la abducción debido al grado de elasticidad.
- IV. Inversión del sentido del desplazamiento, dirigiéndose hacia la línea media
- V. Reducción del espacio entre ambas cuerdas vocales e incremento progresivo de la presión subglótica.

- a. II, III, IV, V, I**
- b. II, V, I, III, IV.
- c. V, III, II, IV, I
- d. I, V, III, II, IV
- e. I, II, III, IV, V

**6. Son características estructurales de la laringe:**

- I. La laringe está situada aproximadamente a la altura de la segunda a la sexta vértebra cervical.

- II. Está formada por un esqueleto cartilaginoso totalmente calcificado, músculos, ligamentos y un pequeño revestimiento mucoso que tapiza su interior.
- III. Los cartílagos mayores son cricoides, tiroides y epiglótico.
- IV. El hueso hioides se sitúa sobre el cartílago tiroides y en el se insertan músculos laríngeos extrínsecos.
- V. Las cuerdas vocales corresponden a dos músculos horizontales situados en la región glótica.

- a) Solo I y II
- b) I, II y III
- c) I, III y IV
- d) II, IV y V
- e) III, IV y V**

**7. Respecto al ciclo vibratorio es posible afirmar que:**

- I. En el plano horizontal, la separación ocurre simultáneamente a lo largo de las cuerdas.
- II. En el plano vertical, se distinguen una fase abierta y una fase cerrada
- III. La apertura de las cuerdas vocales en el plano horizontal comienza en el tercio anterior de las cuerdas.
- IV. La separación en el plano vertical comienza por el borde superior, progresando hacia abajo hasta abrirse lo suficiente como para que se produzca la salida del aire.

- a) Solo I
- b) Solo I y II
- c) II y III**
- d) I, II y IV
- e) II, III y IV

**8. El concepto de complejo cuerpo-cobertura plantea que:**

- I. En las cuerdas vocales se distinguen 3 secciones según sus características funcionales.

- II. Todas las secciones presentan el mismo comportamiento frente a la deformación.
  - III. Las secciones se comportan de manera distinta durante la fonación, presentando mayor DESPLAZAMIENTO en apertura y cierre, la más cercana al músculo vocal.
  - IV. La mucosa es la sección que presenta mayor DEFORMACION durante la fonación.
  - V. El músculo vocal es la sección que presenta mayor DEFORMACION durante la fonación.
- a) Solo I
  - b) I y II
  - c) I y IV
  - d) I, II y III
  - e) **I, III y IV**

**Responda brevemente las preguntas 9 y 10, aplicando los conocimientos que posea sobre el ciclo vibratorio de las cuerdas vocales.**

**9. ¿Cómo explicaría a un paciente con presbilinge la manera en que se afecta el ciclo vibratorio de sus cuerdas vocales?**

**10. ¿Cómo afecta el ciclo vibratorio la presencia de nódulos vocales?**

**Opinión:**

**El presente cuestionario tiene como objetivo, conocer el grado de satisfacción acerca de la animación que se le acaba de presentar. Agradecemos su cooperación y objetividad en las respuestas, pues ello contribuirá a mejorar la calidad de este instrumento.**

1. ¿Considera que la animación vista es de ayuda para su aprendizaje?  
 SI  
 NO
2. Si contestó NO, explique por qué.
3. Si considera que la animación es un aporte, (puede seleccionar más de una)  
 Comprender el proceso que enseña  
 Disminuir el tiempo para el aprendizaje  
 Sintetizar una gran cantidad de contenidos  
 No me parece un aporte
4. Al momento de estudiar este tema, preferiría usar:  
 Solo animaciones  
 Solo imágenes fijas (fotos, dibujos o esquemas)  
 Animaciones e imágenes fijas
5. Entréguenos sus comentarios sobre la animación vista.



**ANEXO 2: CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN  
EN INVESTIGACIÓN.**

Santiago, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2008

Por medio de la presente yo \_\_\_\_\_  
estudiante de 3er año de la Carrera de fonoaudiología de la Universidad de Chile  
acepto participar de la investigación guiada por CHRISTIAN WAYMANN B. Declaro  
estar en conocimiento que el objetivo de la investigación es MEDIR EL IMPACTO DEL  
USO DE MATERIAL MULTIMEDIA EN EL APRENDIZAJE EN CIENCIAS DE LA  
SALUD.

Se me ha explicado que mi participación consistirá en OBSERVAR UNA  
ANIMACION(grupo casos)/LEER UN TEXTO (grupo control) Y RESPONDER UN  
CUESTIONARIO, sin perjuicio físico ni psicológico para mi. Por lo cual, declaro que se  
me ha informado sobre todo los procedimientos de la investigación y que doy mi  
consentimiento para participar sin problema alguno.

\_\_\_\_\_  
Firma

### **ANEXO 3: NARRACIÓN ANIMACIÓN LARINGE**

“Laringe humana, ciclo vibratorio de las cuerdas vocales”

La laringe está situada aproximadamente a la altura de la quinta a la séptima vértebra cervical, formada por un esqueleto cartilaginoso parcialmente calcificado, por la presencia de varios músculos, ligamentos y de un gran revestimiento mucoso que tapiza su interior.

Entre los 9 cartílagos que componen la laringe, encontramos tres cartílagos mayores e impares:

- Epiglotis: cumpliendo su principal función durante el proceso de deglución,
- Cartílago tiroideos: posee forma de escudo y es el más grande de los cartílagos laríngeos.
- Cartílago cricoides: estructura con forma de anillo situado entre el cartílago tiroideos y los anillos traqueales.

La laringe además, posee tres cartílagos menores (aritenoides, corniculados y cuneiformes)

Íntimamente vinculado a la laringe está el hueso hioides, ubicado sobre el cartílago tiroideos. En dicha estructura se insertan varios músculos laríngeos extrínsecos.

En el interior de la laringe se encuentran las cuerdas vocales: dos músculos como dos labios horizontales situados dentro de la región glótica.

La laringe cumple tres funciones principales, respiración, protección de la vía aérea y fonación.

El proceso de emisión o fonación corresponde la producción de sonido utilizando el aire expulsado desde los pulmones hacia el exterior, para hacer vibrar las cuerdas vocales, ubicadas en la laringe.

La teoría que mejor explica el proceso fonatorio es la mioelástica aerodinámica. En ella se contempla la participación de dos mecanismos diferentes: el aportado por la elasticidad de los músculos, ligamentos y mucosa y los fenómenos aerodinámicos que aporta el flujo aéreo efector que actúa como una fuerza constante, denominada presión subglótica, la que separa las cuerdas vocales y la velocidad de flujo que generando una presión negativa en la estrechez glótica, aproxima entre si la mucosa que cubre las cuerdas vocales.

La suma de los dos mecanismos hace posible que se produzca el ciclo vibratorio.

Partiendo por una aducción completa la presión subglótica separa las cuerdas vocales hasta que su grado de elasticidad limita su movimiento hacia fuera.

Desde ese punto la elasticidad actúa invirtiendo el sentido del desplazamiento hacia la línea media, hasta recuperar la posición inicial, produciendo la reducción del espacio entre ambas cuerdas vocales, el incremento progresivo de la presión subglótica, el aumento de la velocidad de flujo que reduce la presión intercordal, la oclusión completa de las cuerdas vocales y por lo tanto el inicio de un nuevo ciclo.

Esta secuencia de hechos se reitera rápidamente y el número de repeticiones por segundo corresponde a la frecuencia fundamental, tono vocal o F0 de una voz determinada.

**ANEXO 4: MODULO DE AUTOAPRENDIZAJE USADO POR EL DOCENTE PARA ENSEÑAR EL CICLO VIBRATORIO DE LAS CUERDAS VOCALES (EN CD ADJUNTO).**

**ANEXO 5: ANIMACION TRIDIMENSIONAL DESARROLLADA EN EL ICBM PARA ENSEÑAR EL CICLO VIBRATORIO DE LAS CUERDAS VOCALES (EN CD ADJUNTO).**