



IMPACTO DEL SIMULADOR IRM3DV1.0 EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA MOTIVACIÓN POR EL APRENDIZAJE DE ESTUDIANTES DEL CURSO DE RESONANCIA MAGNÉTICA EN INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS DE LIMA, 2019

Impact of IRM3Dv1.0 Simulator on Academic Performance and the Motivation for Learning Students of
the Magnetic Resonance Course in University Institutions of Lima, 2019

HEVER MUCHA, CECILIA LUIS

Universidad Alas Peruanas, Perú

KEY WORDS

*Magnetic Resonance
Quantum physics
Simulator
Technology Medical*

ABSTRACT

Although it is true there is a university subject dedicated to developing the concepts and principles of Magnetic Resonance, the very nature of the subject, based on Quantum Physics, presents quite abstract and complex concepts that rather hinder its correct acquisition and assimilation. In that sense, the incorporation of technological resources such as simulators, become an excellent option to help the student to better understand abstract concepts, through the recreation of medical images emitted by a real resonator which adds an Very important experiential ingredient to the learning experience.

PALABRAS CLAVE

*Resonancia Magnética
Física Cuántica
Simuladores
Tecnología Médica*

RESUMEN

Si bien es cierto existe una asignatura universitaria dedicada a desarrollar los conceptos y principios de la Resonancia Magnética, la naturaleza misma de la materia, fundamentada en la Física Cuántica, presenta conceptos bastante abstractos y complejos que mas bien dificultan su correcta adquisición y asimilación. En ese sentido, la incorporación de recursos tecnológicos como son los simuladores, se convierten en una excelente opción para ayudar al estudiante a comprender mejor los conceptos abstractos, a través de la recreación de imágenes médicas emitidas por un resonador real lo cual le agrega un ingrediente vivencial muy importante a la experiencia de aprendizaje.

Recibido: 22/03/2020

Aceptado: 20/05/2020

1. Introducción

En esta investigación nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cuál es el impacto del simulador IRM3Dv1.0 en el rendimiento académico y la motivación por el aprendizaje de estudiantes del curso de resonancia magnética en instituciones universitarias de Lima, 2019?

Si centramos nuestra atención en las carreras médicas, podemos determinar la gran relevancia que tiene el uso de simuladores en la formación de todo profesional de ciencias de la salud y en específico, en los estudiantes de la carrera de Tecnología Médica quienes deben desarrollar a lo largo de su formación académica, un conjunto de capacidades y competencias que les permitirán administrar e interpretar información de pacientes obtenida con el uso de equipos muy especializados y complejos como es el caso del Resonador Magnético. Por ello, es necesario que, desde el inicio de sus estudios tengan la oportunidad de interactuar con recursos tecnológicos como son los simuladores que le acerquen progresivamente al uso de dichos equipos y los familiaricen con ellos desde los ciclos iniciales. De esta manera, no solo se garantizará el conocimiento cabal sobre el buen manejo de los equipos biomédicos, sino que también se conseguirá a futuro, un buen desempeño profesional en los procedimientos de ayuda diagnóstica por imágenes. Al respecto, Sánchez *et al* (2019) presenta una experiencia aplicada de la construcción de la simulación interactiva sobre el fenómeno de resonancia magnética a través de un conjunto de pasos y procedimientos pertenecientes a un modelo educativo interdisciplinario que conjugaba la psicología cognitiva, la informática, las ciencias de la educación, la Física y la Medicina. Nohales Nieto (2014) realizó un estudio acerca de la aplicación de un simulador que replica el proceso de adquisición de las imágenes de difusión para una imagen sintética. Específicamente para cuantificar el coeficiente de difusión aparente (ADC) del hígado en la resonancia magnética abdominal. El proceso es bastante complejo por lo cual el simulador ayuda a tener diagnósticos fiables. Bonilla *et al* (2019) a través de la revisión de diversas fuentes documentales, registraron el

uso de simuladores 3D como estrategias tanto pedagógicas como tecnológicas para el aprendizaje correcto de la anatomía animal (Bonilla Trujillo, Villamil Reyes, & Montes Mora, 2019). Nardi *et al* (2019) presenta un análisis pedagógico de una experiencia educativa con el uso de simuladores en la realización y aprendizaje de prácticas preanalíticas en los estudiantes de la carrera de Bioquímica.

Este estudio tuvo por objetivo principal, establecer el impacto que ejerce el Simulador ITM3Dv1.0 en el Rendimiento académico y en la Motivación por el aprendizaje en estudiantes del curso de Resonancia Magnética en algunas Instituciones Universitarias de Lima.

2. Un poco de historia

La resonancia magnética nació con las primeras investigaciones acerca de la naturaleza del átomo. Los inicios de la Resonancia Magnética se remontan al año 1929 con los estudios de Isaac Rabi y se profundizó en la década siguiente con la aplicación de la técnica de Resonancia de haces moleculares para el estudio de las propiedades magnéticas de las moléculas y átomos específicamente del núcleo atómico. Todo ello condujo al descubrimiento de una propiedad que se le llamó *momento magnético angular de espín*, la cual posee una magnitud y una dirección determinada (Conlan, 2019). Los posteriores desarrollos que se realizaron se enfocaron en el estudio de la partícula giratoria la cual genera un campo magnético y un “momento magnético” bipolar. Si el espín es sometido a un campo magnético externo potente, el “momento magnético” tiende a alinearse en dirección paralela y antiparalela del campo magnético externo. (Conlan, 2019)

El fenómeno de Resonancia Magnética se produce cuando se emite un pulso de radiofrecuencia el cual concuerda con la frecuencia de precesión haciendo que el momento magnético del espín cambie de orientación energética pasando de una energía baja a una orientación de alta energía (antiparalela). Luego, al dejar de emitir el pulso de radiofrecuencia, la orientación del espín de alta energía retorna a su dirección de equilibrio inicial generando una señal que es detectada por la antena receptora la cual posteriormente es procesada en el espacio K mediante la

transformada de Fourier generando la imagen del cuerpo humano. Este método de ayuda diagnóstica ha generado el desarrollo de hardware y software en los resonadores y actualmente existen en el mercado resonadores de uso médico de hasta siete (07) teslas con muy alta resolución en las imágenes (Sanidad Privada, 2017).

3. Material y métodos

Enfoque de investigación Mixto, diseño de investigación cuasi experimental, investigación acción, alcance descriptivo. Una muestra de 100 participantes, repartidos en dos grupos: 50 estudiantes (Grupo experimental) y 50 estudiantes (Grupo control) estudiantes de la carrera de Tecnología Médica de tres universidades de Lima. Se contó con la colaboración de los tres docentes a cargo del curso en cada universidad. Se procedió a la aplicación del pretest (inicio del semestre) y postest (al final del semestre) (ANEXO 1). Se manejaron dos variables de estudio: Rendimiento académico (Componente cuantitativo) y Motivación por el aprendizaje (Componente cualitativo). Para la variable Rendimiento académico, se aplicaron: un Cuestionario a estudiantes acerca de la asignatura Resonancia Magnética y el análisis documental del registro de notas del docente (ANEXO2). En cuanto a la variable Motivación por el aprendizaje, se consideró una muestra representativa de 30 estudiantes. Se aplicaron: una entrevista a estudiantes acerca de sus impresiones acerca de la asignatura, una entrevista a docentes sobre el desarrollo de sus actividades (ANEXO 3 y 4) y una Lista de cotejo mediante la cual, se realizó la observación de algunas sesiones de clase para recoger información sobre las conductas de los alumnos frente al curso (ANEXO 5). La aplicación de los instrumentos se efectuó durante el semestre académico universitario 2019-I (el cual tiene una duración de cuatro meses y medio). Luego de la aplicación del Pretest, se procedió a efectuar la capacitación para el uso del Simulador tanto del docente como de los estudiantes (Grupo Experimental) mientras que el grupo control permaneció con los materiales y recursos utilizados habitualmente por su docente. Al finalizar el semestre, se aplicó el Postest para

realizar la contrastación entre los datos obtenidos tanto del grupo experimental como del grupo control.

4. Marco teórico

4.1. Fundamentos de la formación de la imagen en la resonancia magnética

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es un fenómeno físico de transferencia de energía entre dos sistemas que oscilan a la misma frecuencia. La Imagen por Resonancia Magnética (IRM), es producida por la propiedad física de los núcleos de ciertos elementos que, cuando se someten a un fuerte campo magnético y son excitados por ondas de radio (RF) a cierta frecuencia (frecuencia de Larmor), emiten señales de radio, que pueden ser capturado por una antena y transformado en imagen (Bloch, 1946) (Purcell, 1946) (Pykett, 1982) (Villafana, 1988) (Avila, 2001). La resonancia magnética funciona debido a un fenómeno a través del cual los átomos pueden absorber o emitir energía al ser excitados por señales de radiofrecuencia¹ si están en el interior de un campo magnético intenso. (ACUNSA, 2016)

La resonancia magnética en la actualidad constituye uno de los pilares principales del diagnóstico médico. Permite la obtención de imágenes del interior del cuerpo sin necesidad de realizar complicados procedimientos invasivos que causan molestias y por ende, incomodan a los pacientes. Las imágenes anatómicas que generan son bastante similares a las obtenidas por un ecógrafo o tomógrafo con el valor agregado de contar con la posibilidad de procesar dichas imágenes por la obtención de imágenes multiplanares en 3D (ACUNSA, 2016). La Resonancia Magnética en las últimas dos décadas se ha convertido en una herramienta indispensable en la medicina moderna ya que genera imágenes tridimensionales de alta calidad del interior del cuerpo humano.

Cuando se pone en funcionamiento el resonador magnético se llevan a cabo los siguientes procesos:

- Se ubica al paciente dentro del imán del magneto; los núcleos atómicos del paciente

¹ Radiofrecuencia: Ondas electromagnéticas.

se alinean a lo largo del campo magnético, generando un vector de magnetización;

- Los gradientes de campo magnético secuencial se aplican para la ubicación espacial de las señales a adquirir;
- Se aplican pulsos de excitación y los núcleos absorben energía;
- Después se deja de emitir los pulsos, ocurren los fenómenos de relajación; los núcleos comienzan a inducir la señal RM.
- En las bobinas receptoras; se adquiere la señal de resonancia magnética;
- La señal de RM es procesada por la transformada de Fourier y transformada en imagen punto por punto en una matriz (Magalhães, 1999).

4.2. La Resonancia Magnética, Dificultades en su aprendizaje

La generación de la Imagen por Resonancia Magnética (IRM) se basa en el uso de las propiedades magnéticas de los protones de hidrógeno, los fundamentos de la física cuántica y clásica del spin, la electrónica, procesamiento de señales y la informática, características por las cuales, su grado de entendimiento se torna bastante complicado. Por otro lado, el diseño y fabricación de los sistemas del Resonador Magnético también son complejos, lo cual genera en docentes y estudiantes de salud una perspectiva desalentadora tanto para la enseñanza como para el aprendizaje.

Según Piaget (1970) existen cuatro etapas en el desarrollo cognitivo. A partir de los 11 años en adelante, los sujetos atraviesan por la etapa de las *Operaciones Formales*, la cual es la última fase de desarrollo según la Teoría del desarrollo cognitivo. Tiene su inicio a los 11 pero se extiende a lo largo de la adultez. Coincide con el comienzo de la adolescencia, la cual marcará el desarrollo de la vida adulta.

Inhelder & Piaget (1958) afirman que esta etapa está caracterizada por la progresiva capacidad de pensar de forma abstracta, generando nuevas ideas a nivel mental independientemente de la observación o experimentación directa con los objetos concretos.

El pensamiento operacional formal está representado por el razonamiento hipotético

deductivo como la capacidad del ser humano por pensar científicamente a través de la producción de hipótesis acerca de los eventos del entorno para responder preguntas o situaciones problemáticas. Por lo tanto, el sujeto afronta los problemas de otra manera, de acuerdo con enfoques más organizados y sistemáticos, alejándose de mecanismos más básicos y elementales como son el ensayo y error. En esta etapa, las personas son ya capaces de pensar en conceptos hipotéticos y abstractos sobre los cuales no necesariamente han experimentado de forma directa. (Piaget, 1970)

En teoría, los jóvenes universitarios se hallan por edad en esta etapa de desarrollo. Sin embargo, en la práctica es cada vez más evidente que para una buena parte de ellos, les cuesta mucho abstraer y establecer hipótesis lo cual dificulta la comprensión y aprendizaje de conceptos que demandan un alto grado de concentración y análisis. Esto puede deberse a una muy escasa preparación previa en la escuela secundaria en la cual ya debería haberse sentado las bases del razonamiento hipotético deductivo que les permita a los estudiantes afrontar de mejor manera el aprendizaje de conocimientos cada vez más complejos. Ante estas claras deficiencias, se hace necesario valerse de ciertas estrategias y recursos que contribuyan a mejorar los niveles de entendimiento y comprensión en los estudiantes.

4.3. La Resonancia Magnética en las aulas Universitarias Peruanas. Estado del arte

Los fundamentos teóricos de la resonancia magnética se imparten como asignatura de la carrera profesional de Tecnología Médica desde el año 1995 en las universidades del Perú, a través de una formación eminentemente de corte clásico o tradicional (uso de pizarra y presentaciones en Power Point) con las consabidas limitaciones que esto implica, teniendo en cuenta que para tener un real entendimiento y aprendizaje de la Física Cuántica, se requiere de mecanismos visuales más complejos (imágenes tridimensionales) para representar con eficacia y éxito los diferentes fenómenos que comprende esta técnica diagnóstica.

En este contexto y en la actualidad, existe un déficit considerable de profesionales calificados

para efectuar las tareas de adquisición, procesamiento e interpretación de las imágenes por resonancia magnética puesto que la formación académica profesional recibida por los estudiantes no comprende el desarrollo de ciertas capacidades y competencias elementales para el manejo correcto del resonador magnético ni para el procesamiento adecuado de la información generada en él. Por lo tanto, la formación profesional presenta serias deficiencias en la comprensión y conocimiento de los procesos de resonancia magnética por parte de los estudiantes y por el lado de los docentes, un bache académico que dificulta la correcta formación académica en los temas y fundamentos de Física Cuántica al no contar con herramientas *ad hoc* que les ayuden en su labor didáctica. Esta situación genera confusión y desmotivación en los estudiantes y frustración en los docentes universitarios al no encontrar la forma precisa y pertinente de aprender y de enseñar los fundamentos de Resonancia Magnética. En el caso de los centros de diagnóstico y centros hospitalarios de Lima los resonadores actualmente en uso oscilan entre los 1.5 a 3 teslas, los cuales generan una muy buena calidad de la imagen, equipos que los actuales estudiantes manejarán a mediano plazo.

4.4. Aprendizaje mediado por la tecnología

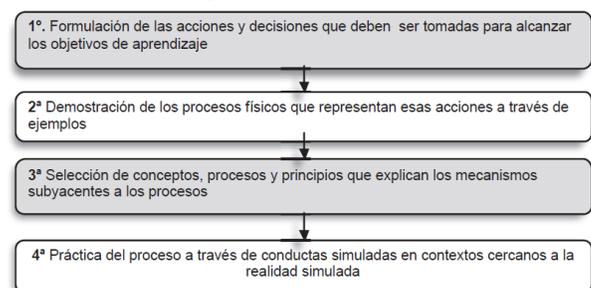
De la fusión entre los postulados teóricos de la ciencia cognitiva y la tecnología de la información, emergen modelos de aplicación al campo educativo. Como resultado se ha incrementado el número de sistemas informatizados aplicados al aprendizaje de conceptos y habilidades. En la actualidad, esta tecnología, en todos los campos y especialmente en medicina, se ha incorporado en las aulas con el objeto de mediar en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Autores como Anderson (1983, 1990), Newell (1990), VanLehn, Ohlsson y Nasón (1994), Munro, Sermón y Pizzini (2006), se han centrado en describir el aprendizaje del conocimiento de tipo procedimental. Los resultados han revertido en un diseño instruccional que incorpora la tecnología de la simulación para representar los procesos que ha de llevar a cabo un estudiante y de esa manera, asegurar la consecución de una habilidad

propuesta del aprendizaje de los fundamentos de la resonancia magnética.

Los simuladores son sistemas inteligentes que podemos incluir dentro de los llamados ITS's (Inteligente Tutoring Systems). El término inteligencia, relacionado con la capacidad de adaptación del sistema a los diferentes niveles de aprendizaje que manifiesta el estudiante, surge en la medida en que el sistema define el conocimiento de dominio, incorpora un proceso tutorial y tiene la capacidad de representar el conocimiento que posee el aprendiz. Se basan pues, en un proceso interactivo y dinámico entre tutor virtual y alumno expuesto a una secuencia de aprendizaje previamente definida. Mediante el uso de simuladores, los estudiantes pueden ejecutar un procedimiento nuevo de forma activa y ejercitar fácticamente todo lo aprendido a nivel teórico. De esta manera, el uso de simuladores contribuye a la realización de experiencias de aprendizaje más vivenciales y garantiza la seguridad tanto del estudiante como de los pacientes, minimizando así los riesgos para ambas partes. (Nardi, Furci, Roni, & Oyhamburu, 2019)

Brusilovsky (1994) describe su estructura compuesta por tres componentes principales: módulo de conocimiento experto, módulo del modelo estudiante y módulo tutor (Brusilovsky, 1994). Sánchez *et al* (2012) presenta en la siguiente figura las fases del modelo didáctico en la enseñanza del conocimiento procesal mediante simuladores.

Figura 1. Fases del modelo didáctico en la enseñanza del conocimiento procesal mediante Simuladores



Fuente: Sánchez y Cabrero, 2012.

Para Feldman (1995), la simulación es un conjunto de procesos que existen. Sin embargo, en Física de la Resonancia Magnética, lo que diferencia a la simulación de otras técnicas es la naturaleza dinámica e interactiva que la

caracteriza. Estas dos últimas peculiaridades son las que configuran la simulación como una metodología potencialmente pedagógica para la enseñanza de la física. De acuerdo con Shirts (1975), una simulación representa un conjunto de reglas que definen un modelo que refleja el mundo real. Con el uso de un simulador, se muestra el comportamiento del Spin dentro de un campo magnético, la emisión de pulsos de radiofrecuencia, explicación de la Física cuántica (microscópica) y clásica (macroscópica) de los fundamentos de la formación de la imagen por resonancia magnética. El aprendizaje de estos procesos a través de simulaciones gráficas 3D, comprende esencialmente tres fases generales que describen Fitts y Posner (1967). Estas fases coinciden con un primer momento de aprendizaje que se denomina cognitivo, y un segundo estado de aprendizaje asociativo, que ocurre durante la práctica de los procesos. Es decir, primero los estudiantes aprenden los elementos cognitivos del contenido en el contexto de demostraciones interactivas y ejemplificaciones, y posteriormente establecen un tipo de aprendizaje asociativo relacionado con la práctica. Finalmente, los estudiantes desarrollan la habilidad de ejecución del proceso de manera que llega a ser automática.

4.5. Simulador IRM 3D

Los programas simuladores ejercitan los aprendizajes inductivo y deductivo de los alumnos mediante la toma de decisiones y adquisición de experiencias en situaciones imposibles de lograr desde la realidad, porque los fenómenos de la física cuántica no se pueden visualizar a simple vista, pero estos fenómenos se pueden reproducir con los simuladores, facilitando el aprendizaje por descubrimiento.

El Simulador IRM 3D, desarrollado para la enseñanza de los Fundamentos de la formación de la imagen por resonancia magnética, apoyados para ello en la perspectiva de los “Entornos de aprendizaje constructivista” se describe como una herramienta educativa digital con entorno gráfico 3D, que ayuda al usuario, mediante una explicación didáctica sencilla, representación algorítmica de forma microscópica y macroscópica de los procesos físicos-matemáticos en la formación de la imagen

por Resonancia Magnética. Concebido como apoyo didáctico para complementar y reforzar los conceptos trabajados en las clases presenciales del Curso de Resonancia Magnética.

El acceso a este entorno inmersivo 3D, es a través de la Plataforma Educativa EVI: www.evi.edu.pe

Figura 2. Entorno de trabajo de la plataforma EVI



Fuente: Plataforma EVI, 2019.

El simulador se puede utilizar hasta el momento en PC o laptops. Posee una interfaz muy intuitiva y fácil de manejar y permite la comunicación entre todos los participantes.

La Plataforma Educativa comprende:

- Manual de uso del Simulador IRM3EV1.0
- Simulador IRM3EV1.0
- Manual de Fundamentos de la Formación de la Imagen por Resonancia Magnética

A través de este simulador, el estudiante gestiona su propio aprendizaje porque le ofrece un escenario de aprendizaje abierto, flexible, motivador, vivencial que le permite construir su aprendizaje de acuerdo con su particular ritmo de estudio.

Figura 5. Actividades colaborativas



Figura 4. Actividades colaborativas



Figura 6. Actividades con el uso del Simulador



4.6. La modalidad b-learning en los procesos formativos con el uso del simulador

El B-Learning es un modelo mixto de formación online y presencial (Pascual, 2015). Para Vera (2008) es un aprendizaje combinado, llamado también mixto o bimodal el cual se orienta a ser una combinación de aprendizaje presencial y aprendizaje virtual. El modelo de enseñanza también llamado Semipresencial utiliza las ventajas que presenta la modalidad presencial y de la enseñanza online las cuales al conjugarse dinamizan el sistema formativo en su totalidad e influyen directamente en el desarrollo de actividades tanto en los profesores como en los estudiantes. La modalidad semipresencial tiene entre sus ventajas la posibilidad de introducir en las actividades educativas, diversas metodologías de enseñanza activa como puede ser por ejemplo el *Flipped Classroom* o aprendizaje invertido y el ABP (Aprendizaje basado en problemas) pues la flexibilidad que presenta el B-Learning propicia la ejecución de diversas actividades capitalizando los dos componentes que tiene: presencial y virtual puesto que la formación ya no se da exclusivamente en un entorno propiamente físico sino también virtual. De esta manera, el docente

puede dosificar sus actividades de acuerdo a las particularidades características que presente cada una de ellas. Tanto el docente como los estudiantes se desenvuelven en un ambiente más abierto y autónomo. Las actividades que requieren una supervisión muy cercana por parte del docente como son por ejemplo prácticas en laboratorio, ejecución de procedimientos específicos que requieran el seguimiento, monitoreo y evaluación directa del profesor serán aquellas que se mantendrán bajo la modalidad presencial. En otras actividades como son, por ejemplo, la revisión de material de lectura, material audiovisual (estudio independiente y autónomo) dichos recursos de estudio bien pueden ser revisados en plataformas de aprendizaje al ritmo particular de cada estudiante. Y en ese contexto, el uso de herramientas tecnológicas cobra especial relevancia en la formación académica universitaria ya que brindan inmejorables oportunidades de aprender en contextos abiertos y ubicuos y que son opuestos a un sistema de formación rígido como puede ser el presencial. En el caso particular de la Resonancia Magnética, el cual por sus características tan peculiares requiere el uso de recursos y herramientas que ayuden a los estudiantes a entender a cabalidad todos los elementos que comprende. En esa línea, el simulador es un recurso apropiado para ello puesto que lo pueden utilizar los estudiantes como preparación previa antes de experimentar con el Resonador Magnético real. Un simulador es una conjugación de elementos de hardware y software en el cual, a través de algoritmos de cálculo, se reproduce el comportamiento de un cierto proceso o sistema físico. Por ende, se sustituyen las situaciones reales por otras, las cuales han sido creadas de manera artificial y mediante las cuales se pueden aprender determinadas acciones, habilidades, hábitos, etc. (Informática Educativa Blog, 2012). La simulación y el aprendizaje son dos conceptos muy unidos en el proceso educativo. Bajo el punto de vista puramente instrumental podemos decir que la mayoría de las actividades de aprendizaje siempre están basadas en entidades de simulación. Como recurso de aprendizaje, "la simulación puede generar un número de diferentes escenarios en respuesta a los cambios de parámetros que el usuario usa para categorizar

la simulación, y poder producir una animación para ilustrar los resultados de este modelo. Una simulación puede usarse para extender un estudio de caso, y podría incluir clips de audio y vídeo y juegos de rol, así como gráficos basados en web y la construcción de escenarios.” (Mason y Rennie, 2006, 106). El uso de simuladores en la metodología B-Learning, como herramienta de apoyo al estudio presenta numerosas ventajas:

- Favorece el aprendizaje por descubrimiento, obliga a demostrar lo aprendido, ejercitación del alumno de forma independiente, reproducir la experiencia un elevado número de veces con el mismo control de variables, permite al alumno reaccionar tal como lo haría en el mundo profesional, fomentar la creatividad, ahorra tiempo y dinero, propicia la enseñanza individualizada, y facilita la autoevaluación.
- Aprendizaje reforzado por la motivación, dado por la interactividad del simulador.
- Aprendizaje representativo, a través de imágenes animadas, sonido y textos.

Los Simuladores en 3D representan una muy buena opción para ser incorporados en el aprendizaje de los estudiantes puesto que le permiten recrear una situación determinada y a desarrollar ciertas destrezas que de otra forma no podrían hacerse mediante un sistema convencional o unidimensional. Dada la complejidad de la Resonancia Magnética y las dificultades que conlleva su aprendizaje por representar conceptos complejos y abstractos de Física Cuántica, el uso de simuladores 3D emerge como una excelente alternativa que puede servir tanto a los docentes para transmitir correctamente los elementos y contenidos como para los alumnos a través de una formación cada vez más vivencial y que los conducirá finalmente en el correcto entendimiento de los diferentes aspectos y elementos de la Resonancia Magnética.

4.7. La motivación por el aprendizaje y su relación con el rendimiento académico en la asignatura de resonancia magnética con el uso del simulador

La Motivación se puede definir como el interés que posee el estudiante por su propio aprendizaje o por

las distintas actividades que le conducen hacia él. El grado de interés puede ser adquirido, mantenido o aumentado gracias a elementos intrínsecos y extrínsecos. (Martínez-Salanova Sánchez, 2019)

4.8. Tipos de Motivación

Motivación intrínseca

Es aquella que viene desde el interior de la persona por encima y muy al margen de cualquier recompensa externa. Está mayormente vinculada a las aspiraciones de autorrealización y crecimiento personal que tiene cada individuo y con el grado de satisfacción y agrado que presenta una persona al realizar una actividad. Este tipo de motivación es la que se encuentra más vinculada a una correcta y buena productividad pues cada persona se involucra voluntariamente y con mucho esfuerzo en sus actividades propiciando por lo tanto un correcto desempeño. (García-Allen, 2019)

Motivación extrínseca

Es aquella en la cual los estímulos motivacionales provienen fuera de la persona y del exterior de la actividad. En ese sentido, la motivación extrínseca no tiene su base en la satisfacción personal por la realización de un conjunto de acciones que comprende alguna tarea o proyecto, sino que más bien representa una recompensa que se espera recibir al concluir dicha labor. (García-Allen, 2019)

4.9. Importancia de la motivación por el aprendizaje

Como bien es sabido a diferencia de la primaria o secundaria, los estudios universitarios representan un espacio y un contexto de formación mucho más abierto para quienes los siguen puesto que se entiende que cada persona ha elegido libre y voluntariamente la carrera profesional que se encuentra cursando. Por lo tanto, las asignaturas que lleva están en directa correspondencia con las expectativas e intereses vocacionales de cada estudiante. Sin embargo, durante los estudios superiores los alumnos presentan muchos inconvenientes en el desarrollo de las actividades formativas en vista

que a pesar de que la temática y los contenidos de cada curso pueden resultar muy motivadoras para el estudiante, sin embargo, la metodología empleada por el docente, el uso de recursos didácticos, entre otros no permite un adecuado aprendizaje. Por lo tanto, el nivel inicial de interés y compromiso por parte del estudiante hacia su propio aprendizaje decrece y en muchos casos se extingue totalmente.

La calidad del aprendizaje se relaciona en forma directa, aunque no exclusivamente con la calidad de la enseñanza. Los estudiantes universitarios mientras cursan su carrera se proyectan hacia un hipotético y futuro entorno laboral en los que desearían desenvolverse. Por lo tanto, se muestran muy expectantes por aquello que recibirán durante sus estudios superiores. En ese contexto, la Universidad y su cuerpo docente deberá responder no solo a las expectativas propias de cada estudiante sino también a las necesidades de formación modernas que exige la sociedad actualmente adaptando sus estrategias y metodologías de enseñanza a aquellas que se vienen desarrollando a nivel global.

Dentro de los diferentes cambios que se requieren implementar, se encuentra el desarrollo de la motivación a través de ciertas estrategias docentes que bien podrían ayudar a que el alumno universitario mantenga el interés y motivación durante toda la carrera universitaria.

Entre las estrategias docentes que se pueden aplicar están las siguientes (Sancho, 2019):

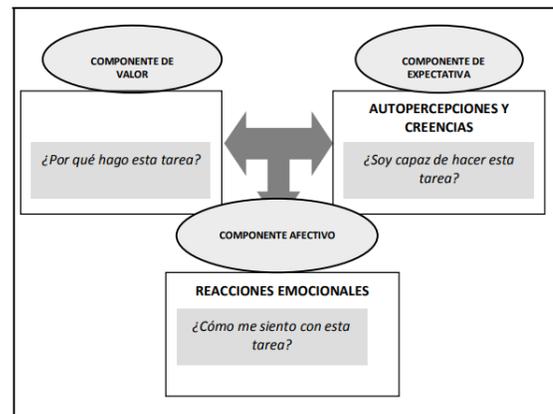
1. Conocer a sus estudiantes y la situación inicial desde la que parten.
2. Identificar los particulares métodos de aprendizaje en los estudiantes
3. El docente debe evidenciar en sus actos entusiasmo por los contenidos del curso.
4. Brindar una enseñanza individualizada de acuerdo a los diferentes ritmos de aprendizaje.
5. Tratar con respeto y confianza a sus estudiantes para fortalecer el compromiso de ellos por el aprendizaje.
6. Animar permanentemente a los estudiantes durante el desarrollo del curso.
7. Resaltar la importancia de la asignatura para el logro de competencias esenciales en el ejercicio profesional.

8. Innovar en cada clase a través de la ejecución de actividades diversas y creativas.

4.10. Componentes básicos de la motivación académica

Partiendo de una definición clásica de la motivación, podemos considerarla como un conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta. Por tanto, el nivel de activación, la elección entre un conjunto de posibilidades de acción y el concentrar la atención y perseverar ante una tarea o actividad son los principales indicadores motivacionales. Sin embargo, la complejidad conceptual del término no está tanto en estos aspectos descriptivos como en delimitar y concretar precisamente ese conjunto de procesos que logran activar, dirigir y hacer persistir una conducta. Tomando como referencia el trabajo de Pintrich y De Groot (1990), se pueden distinguir tres componentes o dimensiones básicas de la motivación académica (ver figura 3)

Figura 3. Dimensiones básicas de la motivación académica



Fuente: Valle y Cols, 2007.

4.11. La motivación por el aprendizaje y su relación con el rendimiento académico

El rendimiento académico constituye el conjunto de habilidades, destrezas, hábitos, ideales, aspiraciones, intereses, inquietudes y logros que alcanza el estudiante en el desarrollo de sus actividades formativas (De Natale, 1990)

Manzano (2007) lo define como el resultado del esfuerzo y la capacidad de trabajo que ha

conseguido el estudiante a lo largo de su proceso de enseñanza aprendizaje.

Según varios investigadores que han analizado la relación existente entre los enfoques y metodologías empleadas por los docentes y el rendimiento académico de sus estudiantes se puede afirmar que la calidad del aprendizaje que evidencian los estudiantes es un reflejo directo de la calidad en la enseñanza por parte del docente. (Alonso & Gallego, 1994) (Hernández Pina, 1999) (Buendía & Olmedo, 2003)

Los estudiantes traen consigo un conjunto de rasgos y características de aprendizaje determinadas las cuales pueden enriquecerse gracias a ambientes formativos adecuados o empobrecerse si el contexto educativo no ofrece las condiciones necesarias para el aprendizaje.

En ese sentido, en la medida que un docente pueda ser capaz de desarrollar metodologías innovadoras, activas que despierten la curiosidad, el interés y el compromiso por aprender en sus

estudiantes a través del uso de recursos y herramientas *ad hoc* a las necesidades formativas que presentan, logrará captar no solo la atención de ellos para el desarrollo y aprendizaje correcto de los contenidos de la asignatura que imparte sino que más importante que ello, les estará brindando las bases necesarias para que a mediano y a largo plazo se logren aprendizajes cada vez más significativos, permanentes que se sostengan en el tiempo pues un aprendizaje vivencial y contextualizado que satisfaga todos los requerimientos formativos contribuirá en su desarrollo educativo y en su futuro desempeño profesional y todo ello redundará en el incremento progresivo de su rendimiento académico el cual también se relaciona con el empoderamiento personal acerca del dominio de un área o materia específica tan importante para la autoestima y la confianza en las propias capacidades y habilidades que todo estudiante universitario debe experimentar.

5. Resultados

5.1. Instrumentos Componente Cuantitativo

Tabla 1. Resultados de aplicación del Cuestionario a estudiantes acerca de la asignatura Resonancia Magnética

Pregunta	PRETEST		POSTEST	
	Grupo Experimental	Grupo Control	Grupo Experimental	Grupo Control
1	Siempre=42 Casi Siempre=6 A veces=2	Siempre=37 Casi Siempre=12 A veces=1	Siempre=48 Casi Siempre=2	Siempre=39 Casi Siempre=10 A veces=1
2	Siempre=9 Casi Siempre=27 A veces=12 Nunca=2	Siempre=7 Casi Siempre=26 A veces=14 Nunca=3	Siempre=36 Casi Siempre=14	Siempre=7 Casi Siempre=23 A veces=16 Nunca=4
3	Siempre=18 Casi Siempre=14 A veces=18	Siempre=22 Casi Siempre=16 A veces=11 Nunca=1	Siempre=50	Siempre=13 Casi Siempre=25 A veces=11 Nunca=1
4	Siempre=25 Casi Siempre=16 A veces=8 Nunca=1	Siempre=20 Casi Siempre=12 A veces=15 Nunca=3	Siempre=45 Casi Siempre=5	Siempre=20 Casi Siempre=15 A veces=13 Nunca=2
5	Siempre=23 Casi siempre=27	Siempre=13 Casi Siempre=28 A veces=9	Siempre=47 Casi siempre=3	Siempre=15 Casi Siempre=30 A veces=5
6	Siempre=32 Casi Siempre=17 A veces=1	Siempre=20 Casi Siempre=24 A veces=6	Siempre=44 Casi Siempre=6	Siempre=23 Casi Siempre=20 A veces=7

Fuente: Luis y Mucha, 2019.

Tabla 2. Resultados de aplicación del Análisis documental al Registro de Notas de los docentes de la asignatura Resonancia Magnética

ETAPA DE INTERVENCIÓN	Grupo Experimental		Grupo Control	
	Promedio de Calificación obtenido			
PRETEST	13.66		13.52	
POSTEST	16.22		14.14	
Índice de Variación	2.08		0.14	

Fuente: Luis y Mucha, 2019

5.2. Instrumentos Componente Cualitativo

Tabla 3. Resultados de Lista de Cotejo a estudiantes

Pregunta	PRETEST		Pregunta	POSTEST	
	Grupo Experimental	Grupo Control		Grupo Experimental	Grupo Control
1	SI=23 NO=7	SI= 21 NO=9	1	SI= 30 NO=0	SI= 25 NO=5
2	SI= 25 NO=5	SI= 24 NO=6	2	SI= 29 NO=1	SI= 23 NO=7
3	SI= 15 NO=15	SI= 13 NO=17	3	SI= 30 NO=0	SI= 24 NO=6
4	SI= 11 NO=19	SI= 13 NO=17	4	SI= 30 NO=0	SI= 14 NO=16
5	SI= 5 NO=25	SI= 17 NO=13	5	SI= 30 NO=0	SI= 17 NO=13
6	SI= 14 NO=16	SI= 12 NO=18	6	SI= 28 NO=2	SI= 12 NO=18

Fuente: Luis y Mucha, 2019.

Tabla 4. Resultados de la Entrevista a estudiantes acerca de sus impresiones sobre la asignatura de Resonancia Magnética

ITEMS	PRETEST		POSTEST	
	Grupo Experimental	Grupo Control	Grupo Experimental	Grupo Control
1	-Deseo de aprender de especialización en RM -Expectativas de especialización en RM -Conocimientos nuevos e interesantes	-Es parte del plan de estudios. -Los temas son bastante interesantes -Los contenidos ayudan en el desarrollo profesional. -RM es una especialidad en la que sería interesante desempeñarse a futuro -Es un nuevo curso que tiene un uso de imágenes diagnosticadas sin radiación.	-Es una de las ramas más interesantes de la Radiología -Es motivante porque los temas y contenidos son muy interesantes y novedosos. -Son temas importantes para la formación profesional. -La RM brinda grandes posibilidades de desarrollarse profesionalmente y de encontrar un buen lugar de trabajo. -Los temas de Física que se tratan lo hacen un curso diferente y retador.	-La RM es un conocimiento nuevo y tiene muchos aspectos por descubrir. -Interés por conocer más de la Física. -Deseo de aprender más del tema. -RM es una gran posibilidad laboral pues hay muy pocos especialistas en la actualidad. -RM es una especialidad muy bien reconocida monetariamente y los horarios son rotativos. -Es una especialidad fundamental en la formación del Tecnólogo Médico
2	-Temas desarrollados en teoría son importantes para el desempeño profesional futuro (práctica) -Interés de aprender para una futura especialización en RM -Importante conocer de	- Es importante conocer el procedimiento físico y el manejo del equipo RM para entender correctamente. -Son conocimientos necesarios e interesantes. -Es la base para entender la RM.	- Son conceptos y contenidos que todo Tecnólogo Médico debe saber y manejar. -Se deben aprender estos temas para estar debidamente capacitados para atender a los pacientes. -Es un curso nuevo que se	-Son temas retadores. Es un desafío su aprendizaje. -Exigen el máximo de concentración para los estudiantes. -Cada tema guarda relación con la física. -Nos ayuda a conocer el funcionamiento y desarrollo

	temas de Física que son bastante complejos de procesar	-A través del RM se puede ver toda la parte anatómica y patológica.	conecta con los demás. -Comprende las bases de la Física y algunas de las cuales pueden ser útiles en el trabajo diario profesional.	de los distintos métodos para adquirir imágenes. -La RM tiene un campo profesional muy grande puesto que hay muy pocos especialistas en el tema. -Conocer de RM es básico en el ejercicio profesional de Tecnólogo Médico.
3	-El docente cubre todos los temas explicando con paciencia cada uno de ellos. -El docente utiliza una metodología inadecuada y los contenidos programados son muy pocos	-El docente comparte sus experiencias profesionales con la clase. -El docente es claro y ordenado en la clase.	-La metodología es bastante didáctica -El docente realiza actividades muy dinámicas e interesantes -Proporciona consignas claras -Realiza preguntas y eso refuerza la comprensión de los temas -Permite que le hagan preguntas cuando algún tema no ha sido completamente entendido	-El profesor es paciente y presenta en detalle todos los temas. -Hace varias preguntas y también absuelve las dudas que se tienen.
4	-Clasificación de Fase y frecuencia y las secuencias por su dificultad al entenderlas. -Fundamentos de Física por su gran complejidad. -Los principios matemáticos y físicos -T1-T2 pues no se entiende -Vectores de magnetización al momento y los tiempos de relajación longitudinal y transversal. -Secuencias turbo STIR Flair -Patologías y los tipos de protocolos que hay en la máquina RM -El espacio K y transformación de Fourier -El tiempo de IR	-Principios físicos de la RM porque es muy abstracto. -Espacio K -Transformada de Fourier por su contenido matemático. -Formación de Imagen -El manejo de las funciones del Resonador -La física de la resonancia y la complejidad de las fórmulas -Lectura de imágenes	-Los contenidos de Física que resultaban muy abstractos y bastante difíciles de entender con el uso del Simulador y las actividades propuestas por el docente fueron muy provechosas. Nos sirvió de mucha ayuda la experimentación con el simulador. -Es muy importante poder contar con estos recursos tecnológicos y ejercitarse con ellos antes de trabajar directamente con el RM.	-Transformada de Fourier -Espacio K -Formación de imágenes -Principios de Física -Interpretación de imágenes
5	-No se utilizan recursos solamente el Power Point -Usa básicamente libros y separatas - Deberían utilizarse otro tipo de recursos -En los vídeos proyectados no se visualizan con detalle todos los aspectos -Mapas conceptuales	- PPT -Libros -Se necesitan más imágenes que grafiquen los contenidos teóricos. -Sería bueno el uso de apps	- PPT - Ejercicios en el Simulador -Trabajos y ejercicios individuales y grupales utilizando el Simulador-	- PPT - Libros - Vídeos

Fuente: Luis y Mucha, 2019.

6. Discusión

En vista de los resultados obtenidos, se cumple la hipótesis inicial puesto que se comprueba que el simulador tuvo un impacto significativo en el mejoramiento del nivel del rendimiento académico y la motivación por el aprendizaje en los estudiantes de Resonancia Magnética.

Los índices de aceptación de los estudiantes acerca de los contenidos, recursos, desempeño docente, entre otros elementos del curso de Resonancia Magnética se incrementaron considerablemente. Del mismo modo, el promedio de calificaciones obtenido por los estudiantes aumentó en dos dígitos con respecto a los resultados recogidos al iniciar la investigación. En cuanto al desempeño en clase con respecto al curso, los estudiantes evidenciaron un cambio exponencial en el interés y motivación por el estudio y por el desarrollo de los temas del curso. Las dificultades que inicialmente presentaron y que se relacionaban directamente con la escasa comprensión de los contenidos del curso debido a su gran complejidad se vieron favorecidas con la integración del Simulador el cual, les ayudó a afrontar el estudio del curso con un mejor ánimo y disposición, aun cuando eran conscientes de que los temas desarrollados no eran nada sencillos de asimilar.

En cuanto a los criterios personales acerca de la asignatura manejados por los estudiantes al comenzar la investigación se puede inferir que el simulador les ayudó a superar los obstáculos que presentaban en cuanto al aprendizaje de los contenidos. A medida que tenían la oportunidad de interactuar con más frecuencia con el simulador ganaron a su vez más confianza y las reticencias anteriormente mostradas frente a los temas del curso por su dificultad fueron progresivamente desapareciendo lo que produjo finalmente una transformación en los estudiantes en cuanto a las actitudes y percepciones acerca de la asignatura. Los docentes a su vez, también manejan criterios muy similares. Rescatan el interés de sus estudiantes por aprender los temas del curso, sin embargo, son conscientes de las grandes limitaciones de disponibilidad de uso de recursos y herramientas (grupo control) que puedan

ayudarles a mejorar sus prácticas docentes y de esa manera, lograr los objetivos de aprendizaje deseados. Resaltan la importancia que tiene el contar con este tipo de recursos para mejorar los niveles de aprendizaje en los estudiantes (grupo experimental) y se sienten muy satisfechos con los avances obtenidos no solamente en el rendimiento académico sino también en la motivación e interés por la asignatura.

Esto nos lleva a afirmar que las tecnologías y en especial, los simuladores pueden constituirse en un apoyo muy importante para mejorar los aprendizajes de temas complejos que revisten un alto grado de abstracción como es el caso de la asignatura de Resonancia Magnética. Asimismo, pone en evidencia que el estudiante universitario siempre y cuando tenga acceso a recursos y herramientas pertinentes puede alcanzar todo tipo de aprendizaje sin importar su nivel de complejidad. Revela también la importancia que tiene el hecho de aprender conceptos abstractos y complejos de manera lúdica y vivencial para de esa manera, lograr un aprendizaje motivado y agradable en cada estudiante. La institución universitaria en ese sentido, debe promover con más frecuencia el desarrollo de iniciativas de integración e implementación de un mayor número de recursos tecnológicos para el apoyo de los aprendizajes.

7. Conclusiones

- El simulador IRM3D contribuyó al mejoramiento de los niveles de rendimiento académico y a la motivación por el aprendizaje de los estudiantes de la asignatura de Resonancia Magnética.
- Los estudiantes que manejaron el simulador IRM3D incrementaron considerablemente su promedio de calificaciones en contraparte con el grupo de estudiantes que hicieron uso de medios y recursos tradicionales.
- Un uso continuo del Simulador IRM3D por las particulares características de interactividad que posee, favorece en los estudiantes, la motivación por el aprendizaje independientemente de la complejidad del curso.

- Es de suma importancia el grado de involucramiento del docente en el uso y aplicación del Simulador IRM3D para integrar pertinentemente dicha tecnología en sus actividades académicas.
- El simulador IRM3D contiene los principios físicos de la formación de la Imagen por Resonancia los cuales se encuentran en directa correspondencia con los contenidos de la asignatura.

Referencias

- ACUNSA. (2016, diciembre 21). *Resonancia magnética ¿cómo funciona y para qué sirve?* (N. A. Tecnología, Ed.) Retrieved from <https://noticias.acunsa.es/resonancia-magnetica/>
- Alonso, C., & Gallego, D. (1994). Estilos de Aprendizaje. In F. Rivas, *Manual de Asesoramiento y Orientación Vocacional* (pp. 56-89). Madrid: Síntesis.
- Assheuer, J., & Sager, M. (1997). *MRI and CT Atlas of the Dog*. Oxford: Blackwell Science.
- Avila, L. (2001). Física em ressonância magnética. Parte A (Fita de Vídeo). *Videoteca da Sociedade Brasileira de Radiologia*. São Paulo, Brasil.
- Buendía, L., & Olmedo, E. (2003). Estudio transcultural de los enfoques de aprendizaje en Educación Superior. *Revista de Investigación Educativa*, 21 (2), 371-386.
- Bloch, F. (1946). The Nuclear induction experiment. *Physical Review* (7-8), 474-485.
- Bloembergen, N. (1948). Relaxation Effects in Nuclear Magnetic Resonance Absorption. *Physical Review* (7), 679-712.
- Bonilla Trujillo, D., Villamil Reyes, V., & Montes Mora, J. (2019). Uso de simuladores 3D como estrategia tecnopedagógica para la transferencia de conocimiento en el aprendizaje de la anatomía animal. (U. N. (UNAD), Ed.) *Working papers – ECAPMA* (1).
- Brusilovsky, P. (1994). The Construction and Application of Student Models in Intelligent Tutoring Systems. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 32 (1), 70-89.
- Cabrero Fraile, F. (2010). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física Médica Teoría de la Educación. (U. d. Salamanca, Ed.) *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11 (2), 46-74.
- Callaghan, P. (1994). *Principios de la microscopía de resonancia magnética nuclear*. Oxford: Universidad de Oxford.
- Conlan, R. (2019, noviembre 16). *Una ventana abierta a la curación de la mente y el cuerpo: el desarrollo de la Resonancia Magnética*. (U. N. Sciences, Ed.) Retrieved from <https://www7.nationalacademies.org/spanishbeyonddiscovery/El%20desarrollo%20de%20la%20resonancia%20magn%C3%A9tica.html>
- De Natale, M. (1990). Rendimiento escolar. In G. Flores, & I. D´Acais y Gutiérrez, *Diccionario de Ciencias de la Educación*. Madrid: Paulinas.
- García-Allen, J. (2019). *Tipos de motivación: las 8 fuentes motivacionales*. Retrieved from Psicología y Mente: <https://psicologiymente.com/psicologia/tipos-de-motivacion>
- González Castro, Y., Peñaranda, M., & Manzano Durán, O. (2019). Innovaciones tecnológicas en las prácticas académicas virtuales. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1 (33).
- Informática Educativa Blog. (2012, abril 30). *Simuladores*. Retrieved from <http://cinthyaarquelfiallos.blogspot.com/2012/04/simuladores.html>
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *Adolescent thinking*. New York: Basic Books.
- Hebel, L., & Slichter, C. (1959). Relajación de espín nuclear en aluminio normal y superconductor. *Physical Review*, 113 (6), 1504-1519.
- Hernández Pina, F. (1999). *Aprender a Aprender*. Barcelona: Océano.
- Lauterbur, P. (1973). Image Formation by Induced Local Interactions: Examples Employing Nuclear Magnetic Resonance. *Nature*, 242 (16), 190-191.
- Lufkin, R. (1999). *MRI Manual*. Río de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Nardi, M., Furci, A., Roni, C., & Oyhamburu, J. (2019). Uso de simuladores en una carrera de grado de Bioquímica Clínica. Análisis de una experiencia. *Revista ABA*, 83 (3).
- Nohales Nieto, N. (2014). *Desarrollo de un simulador de imágenes de resonancia magnética abdominal para la estimación de la ADC en el hígado*. (U. d. Telecomunicación, Ed.) Retrieved from Universidad de Valladolid. Repositorio documental: <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/7973>
- Magalhães, A. (1999). *Ressonância magnética do sistema nervoso central*. São Paulo: Atheneu.

- Mansfield, P., & Grannell, P. (1973). ¿"Difracción" en sólidos? *Journal of Physics Chemistry: Solid State Physics*, 6 (22), L422-L426.
- Manzano Díaz, M. (2007). *Estilos de aprendizaje, estrategias de lectura y su relación con el rendimiento académico en la segunda lengua (Tesis Doctoral)*. Granada, España: Universidad de Granada.
- Martínez-Salanova Sánchez, E. (2019). *La motivación en el aprendizaje*. Retrieved from Educomunicacion: <http://educomunicacion.es/didactica/0083motivacion.htm>
- Mendonça, R. (1996). *Fundamentos da ressonância magnética*. Apostila.
- Pascual, A. (2015, abril). *Edu Expert*. Retrieved from <http://www.eduexperts.com>
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. New York: Orion Press.
- Purcell, e. (1946). Absorción de resonancia por momentos magnéticos nucleares en un sólido. *Physical Review*, 69 (1-2), 37-38.
- Pykett, I. (1982). Principios de la resonancia magnética nuclear. *Radiology*, 143, 157-168.
- Sánchez, A., Cabrero, J., & Sánchez, J. (2012). Fases del modelo didáctico-procesal seguidas en la construcción de simulaciones en la asignatura de Física Médica para el contexto de enseñanza aprendizaje virtual. (U. d. Salamanca, Ed.) *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 15 (2), 13-30.
- Sancho, J. (2019). *Técnicas de enseñanza para mejorar la motivación de los estudiantes*. Retrieved from EDUCREA: <https://educrea.cl/tecnicas-de-ensenanza-para-mejorar-la-motivacion-de-los-estudiantes/>
- Sanidad Privada. (2017, setiembre 22). Siemens Healthineers presenta la primera resonancia magnética de 7 Teslas. Aprobada para uso clínico. *Sanidad privada* (95).
- Slichter, C. (1989). *Principios de resonancia magnética. Serie Springer en ciencias de estado sólido* (Vol. 1). Berlín: Springer-Verlag.
- Smith, H., & Ranallo, F. (1989). *Un enfoque no matemático de la resonancia magnética básica*. Wisconsin: Física Médica.
- Thomson, C. (1993). Imágenes por resonancia magnética: una descripción general de los principios y ejemplos en neurodiagnóstico veterinario. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 34 (1), 2-17.
- Tucker, R., & Gavin, P. (1996). Imágenes cerebrales. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 26 (4), 735-758.
- Vera, F. (Junio 2008). *La modalidad Blended learning en la Educación Superior*. Rancagua, Chile: Utem Virtual.
- Villafana, T. (1988). Física fundamental de la resonancia magnética. *Radiologic Clinics of North America*, 26 (4), 701-715.