




## Uso de la Realidad Aumentada como herramienta de motivación para la enseñanza de los elementos de la Tabla Periódica

*Use of Augmented Reality as a motivational tool for teaching the elements of the Periodic Table*

 Jeanette Chaljub Hasbún<sup>1</sup>; [jeanette.chaljub@intec.edu.do](mailto:jeanette.chaljub@intec.edu.do)

 Juan Ramón Peguero<sup>2</sup>; [jpeguero@unicaribe.edu.do](mailto:jpeguero@unicaribe.edu.do)

 Elvin Mendoza Torres<sup>2</sup>; [elvin.mendoza@unicaribe.edu.do](mailto:elvin.mendoza@unicaribe.edu.do)

### Resumen

Los procesos de enseñanza requieren del diseño de metodologías activas combinadas con tecnologías, como la Realidad Aumentada, para potenciar la motivación de los estudiantes. Este estudio comprende dos objetivos: a) conocer el grado de motivación medido a través del modelo Instructional Material Motivational Survey (IMMS) y b) analizar si la carga cognitiva repercute en el grado de motivación. La muestra fue no probabilística intencional (N = 87), compuesta por estudiantes del Quinto Grado del Nivel Secundario preuniversitario, en la asignatura de Química, de las ciudades de Santiago y Santo Domingo de la República Dominicana. Los resultados de este estudio evidencian que el material enriquecido a través de RA correspondiente a los elementos de la Tabla Periódica, ha sido valorado como positivo por los alumnos participantes; indicando, con esto, que la motivación aumentó al interactuar con el objeto. Un hallazgo importante es que no existe relación entre la valoración que los estudiantes hacen sobre la calidad del objeto en RA con relación a carga cognitiva y la motivación. En síntesis, la RA beneficia la motivación y atención de los estudiantes, por lo que sugerimos se puedan profundizar las investigaciones en cuanto a la relación de la motivación y el rendimiento académico.

**Palabras clave:** carga cognitiva, educación flexible IMMS, grado de motivación, realidad aumentada

### Abstract

*Teaching processes require the design of active methodologies combined with technologies such as Augmented Reality to enhance student motivation. This study has two objectives: a) to know the degree of motivation measured through the Instructional Material Motivational Survey (IMMS) model and b) to analyze whether the cognitive load affects the degree of motivation. The sample was non-probabilistic intentional (N = 87), composed of students of the Fifth Grade of the pre-university Secondary Level, in the subject of Chemistry, from the cities of Santiago and Santo Domingo of the Dominican Republic. The results of this study show that the material enriched through RA corresponding to the elements of the Periodic Table, has been valued as positive by the participating students; indicating, with this, that motivation increased when interacting with the object. An important finding is that there is no relationship between the assessment that students make of the quality of the object in AR in relation to cognitive load and motivation. In summary, AR benefits the motivation and attention of students, so we suggest that research can be deepened regarding the relationship between motivation and academic performance.*

**Keywords:** IMSS, degree of motivation, augmented reality, cognitive load, flexible education

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Santo Domingo – INTEC (República Dominicana)

<sup>2</sup> Universidad del Caribe – UNICARIBE (República Dominicana)



## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías del aprendizaje y conocimiento (TAC) han ido ganando terreno con el fin de lograr enganchar a los estudiantes y potenciar clases interactivas y dinámicas. Los docentes contamos con una amplia variedad de recursos educativos digitales, y dentro de ellos, encontramos las llamadas tecnologías emergentes que se desarrollan de forma exponencial en el ámbito educativo, puesto que se busca su integración en metodologías activas de enseñanza. Su inclusión en el entorno didáctico supone una re-configuración y recontextualización de los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Sosa, 2018). Por otro lado, desde inicios del año 2020, el mundo se vio enfrentado a la pandemia causada por la COVID-19, SARS-CoV-2, lo que derivó, entre otros aspectos de la vida de los seres humanos, que las clases hasta ese momento presenciales, cambiaran abruptamente a clases a distancia bajo diversas modalidades, aunque no siempre procurando innovaciones educativas. A casi dos años de comenzar este evento global, los estudiantes se acostumbraron a las clases a través del mundo cibernético. Se desarrollaron modelos de clase a distancia con componentes híbridos (presencial y online), así como completamente virtuales, introduciendo estrategias de educación flexible para interactuar con los contenidos de acuerdo al ritmo y necesidades de los estudiantes, ofreciendo una diversidad de metodologías y abordajes, tanto en la secuencia de los aprendizajes como la libertad de escoger el momento y lugar para aprender (Srinivasan *et al.*, 2021).

Esto hace pensar que habrá una mayor integración de las tecnologías digitales, combinando con la rutina de estrategias análogas y “eso nos llevará a pensar e imaginar una nueva organización de los tiempos y de los espacios para las escuelas y centros educativos, diferentes de la actual disposición pensada para la era industrial” (Salinas, 2020, p. 19). Dentro del espectro de tecnologías emergentes, se encuentra la Realidad Aumentada (RA) que va insertándose de forma continua en el ámbito educativo, ya que se adapta a las preferencias del estudiante (Videla *et al.*, 2017) puesto que es muy amigable, accesible y versátil, potenciando así los aprendizajes flexibles. Concordando con lo anterior, Cabero y Puentes (2020) sostienen que la RA “ayuda al estudiante a visualizar diferentes fenómenos desde diversas perspectivas que son determinadas por él en la interacción con el objeto” (p. 41). Sin embargo, muchas veces se tiende a confundir este constructo con el de Realidad Virtual, ya que esta última es complementada y enriquecida por esta tecnología emergente.

Existen 4 niveles de RA que se clasifican, dependiendo del tipo de interacción. A continuación, presentamos la clasificación (Fombona *et al.*, 2012):

- **NIVEL 0: Códigos QR.** Son hiperenlaces que nos llevan a espacios Web o nos proporcionan información en forma de texto, sonido, etc.
- **NIVEL 1: Realidad aumentada con marcadores.** Es el más usado y utiliza imágenes como elemento de enlace para obtener el objeto enriquecido en formato RA. Es importante señalar que nuestro estudio se enmarca en este nivel.
- **NIVEL 2: En este nivel se encuentra la realidad aumentada geolocalizada.** El desarrollo de dispositivos con geolocalización, permite crear una realidad aumentada en una situación concreta.
- **NIVEL 3: Nivel en el que se encuentra el uso de la realidad aumentada** gracias al uso de dispositivos HDM como las Hololens.

Como hemos mencionado en las líneas anteriores, en el espacio de la educación, la RA está ganando terreno por la versatilidad del recurso. Las nuevas ecologías de aprendizajes, a través de plataforma interactiva desarrollan habilidades de comunicación entre los estudiantes y crean conciencia de sus propios aprendizajes, incluso en entorno de resiliencia, como ha sido el caso de la pandemia y la continuidad de los procesos de enseñanza (Martínez-Rodríguez y Benítez-Corona, 2020). Un aspecto importante en la construcción de nuevos conocimientos es la motivación. Sellan (2017) alude a la relación que existe entre la motivación del estudiante y su rendimiento en las distintas áreas del conocimiento. Igualmente, Keller (1987) relaciona aprendizaje y motivación como “algo muy impredecible y cambiante, sujeto a muchas influencias sobre las cuales el maestro o diseñador no tiene control” (p. 2). Y propuso que se puede estimular el interés de los estudiantes bajo un diseño de estrategias específicas que incluyen 4 categorías: atención, relevancia, confianza y satisfacción, que para el autor son indispensables para el aprendizaje. De ahí, surge el modelo ARCS de Keller, como el acrónimo de esas dimensiones, contenidas en el Instructional Material Motivational Survey (IMMS) de Keller.

De acuerdo con Cárdenas (2021), estas 4 categorías indican lo siguiente:

- Atención: Capturar el interés de los estudiantes y estimular su curiosidad por aprender.
- Relevancia: Tener en cuenta las necesidades personales o metas del estudiante para generar una actitud positiva.
- Confianza: Ayudar a los estudiantes a creer que tendrán éxito y a saber cómo controlarlo.
- Satisfacción: Realizar los logros con recompensas internas y/o externas.

A pesar de que Keller formuló este planteamiento para clases presenciales, hoy en día se está aplicando en diversos estudios para analizar el grado de motivación que despiertan distintos medios y recursos tecnológicos. Tal es el caso de alumnos como consumidores y productores de objetos de aprendizaje (Marín-Díaz *et al.*, 2018). Igualmente, se ha utilizado para conocer el grado de motivación que los objetos de RA despiertan en los alumnos (Di Serio *et al.*, 2013; Lu & Ying-Chieh, 2014; Wei *et al.*, 2015).

Con relación a la carga cognitiva, esta teoría “estudia la relación que existe entre la capacidad de memoria de trabajo y la construcción de conocimiento que logra un sujeto al interactuar con ambientes digitales” (Solórzano-Restrepo & López-Vargas, 2019, p. 38). Andrade-Lotero (2012) define 3 tipos de cargas cognitivas. A saber:

- Carga cognitiva intrínseca (CI): Define la dificultad del dominio de conocimiento a aprender y toma en cuenta los conocimientos previos y almacenados en la memoria de largo plazo.
- Carga cognitiva extrínseca (CE): Se centra en la información que no es relevante y que produce carga innecesaria al estudiante, desenfocando los aprendizajes y memoria de trabajo. Es responsabilidad del diseñador instruccional, que debe velar por un diseño instruccional que no entorpezca los procesos de construcción de conocimiento.
- Carga cognitiva relevante o germánica (CG): Evalúa las de actividades que se realizan y la forma en que se presenta la información, desde la interfaz, de manera que se puedan favorecer los aprendizajes.

Para concluir con este apartado, existen múltiples investigaciones sobre la tecnología RA en el proceso de enseñanza. Entre ellas permite a los estudiantes interactuar con los objetos y experimentar entornos de aprendizaje de inmersión (Han *et al.*, 2015); es una tecnología emergente con amplias posibilidades formativas (Cabero *et al.*, 2018; George, 2020); los proyectos con RA en alumnos de bachillerato mejoran las condiciones de aprendizaje en el área de la química (Ruiz, 2020).

## 2. MÉTODO

El estudio es de tipo cuantitativo, de carácter descriptivo correlacional. Se llevó a cabo un diseño pre-experimental con objetos de aprendizaje en formato RA para los elementos de la Tabla Periódica, puesto que su distribución, de acuerdo al número atómico, es un concepto abstracto para los estudiantes. La conformación de los niveles de energía donde se van ubicando los electrones alrededor del núcleo del átomo tiende a ser confuso en un dibujo estático de dos dimensiones. Además, estos contenidos son la base para el aprendizaje de la Química.

El estudio plantea dos objetivos:

- Conocer el grado de motivación medido a través del IMMS de Keller y de las dimensiones que lo conforman (atención, confianza, relevancia y satisfacción)
- Analizar si la carga cognitiva (CI, CE y CG) repercute en el grado de motivación

De lo anterior, nos planteamos las siguientes hipótesis:

- Ho (hipótesis nula): No hay diferencias significativas con un riesgo alto de equivocarnos del 0.05 respecto a las puntuaciones alcanzadas por los alumnos entre la motivación alcanzada en el IMMS y las puntuaciones obtenidas en el instrumento de carga cognitiva.
- Hi (hipótesis alternativa): Hay diferencias significativas con un riesgo alto de equivocarnos del 0.05 respecto a las puntuaciones alcanzadas por los alumnos entre la motivación alcanzada en el IMMS y las puntuaciones obtenidas en el instrumento de carga cognitiva.

### 2.1. Diseño de la investigación

Teniendo en cuenta los objetivos trazados, se adoptó la implementación de un instrumento para evaluar la carga cognitiva al interactuar con los objetos enriquecidos en formato RA producido para los elementos de la tabla periódica, así como la ministración del IMMS para evaluar el grado de motivación en los estudiantes participantes. En la tabla 1 se presentan los pasos que se siguieron en este estudio.

**Tabla 1**

*Secuencia de pasos seguidos en el estudio*

<b>Inducción de los profesores</b>	<b>Interacción con los materiales en RA</b>	<b>Ministración de instrumentos</b>
Los profesores de los centros educativos participantes fueron objeto de inducción por parte del equipo investigador sobre el uso e implementación de la app y visionado de la animación	Los estudiantes, con la guía de sus profesores, interactuaron con los diversos marcadores que representan los elementos de la Tabla Periódica, acompañados del instructivo que los orientó en la descarga de la APP.	Ministración del instrumento de carga cognitiva y del IMMS

## 2.2. Muestra

Se utilizó el muestreo no probabilístico intencional e incluyó estudiantes de 5to grado de Secundaria de 6 centros educativos privados de la ciudad de Santo Domingo y Santiago en República Dominicana que se encontraban cursando la asignatura de Química, cuyos directores y docentes accedieron a participar de este estudio. Para proceder con la implementación del estudio, la investigadora principal contactó a los directores, vía telefónica o por correo electrónico, quienes forman parte de una red de educadores dominicanos; así como a los profesores de Química de los centros participantes. Se les explicó de qué trataba el estudio y se les envió un correo informativo para que los padres estuvieran al tanto del proceso y dieran su aprobación mediante una carta de consentimiento informado. Después de esto, los profesores y el equipo de investigación se reunieron con los estudiantes para motivarlos a la actividad y hacer la inducción del proceso. El contenido curricular versaba sobre los átomos y los elementos. La investigación se realizó durante el 2do semestre del año escolar 2020 - 2021 y primer semestre del año escolar 2021 - 2022. El número total fue de 87 participantes.

## 2.3. Descripción del recurso y fase de interacción

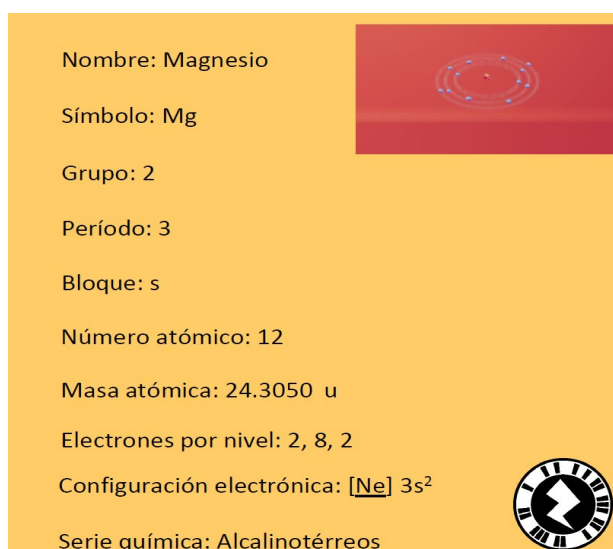
Se diseñaron los objetos de aprendizaje correspondiente a los 118 elementos de la Tabla Periódica apoyados en la tecnología de RA, utilizando la aplicación Zapworks, específicamente la versión web llamada ZapWorks Designer®, licencia profesional que fue adquirida para el desarrollo del proyecto.

Esta aplicación se adapta perfectamente al nivel 1 de la RA, con el cual se ha trabajado para la construcción de los objetos de aprendizaje. Las iteraciones de desarrollo se realizaron desde este nivel 1 “por medio de marcadores a blanco y negro que servirán de impulsador al ser reconocido por la cámara del celular” (Montecé-Mosquera *et al.*, 2017, p. 134). Además de ZapWorks Designer®, utilizamos la aplicación Microsoft PowerPoint para la elaboración de los marcadores, o tarjetas con patrones, que contienen los elementos en la tabla periódica. Para lograr las animaciones de las nubes electrónicas de los elementos, se utilizó la aplicación Blender, una licencia GNU GPL, propiedad de sus contribuyentes; que es de código abierto diseñada para crear animaciones en 3D. Con la combinación de estas aplicaciones se logró crear

las fichas y posteriormente los marcadores para el montaje final. Cada marcador muestra los diversos componentes de un elemento: símbolo, grupo, período, bloque, masa y número atómicos, distribución electrónica por nivel, configuración electrónica y serie química a la que pertenece, tal como se muestra en la Figura 1; con el fin de que los usuarios puedan indagar sobre la distribución electrónica de los elementos y así poder potenciar los aprendizajes dinámicos e inmersivos en temas complejos en Ciencias de la Naturaleza, además de favorecer el “auto aprendizaje y el entendimiento de la Química de una manera más didáctica y enriquecedora” (Araya, 2016, p. 30).

### Figura 1

Marcador para el elemento de Magnesio



Nombre: Magnesio

Símbolo: Mg

Grupo: 2

Período: 3

Bloque: s

Número atómico: 12

Masa atómica: 24.3050 u

Electrones por nivel: 2, 8, 2

Configuración electrónica: [Ne] 3s<sup>2</sup>

Serie química: Alcalinotérreos

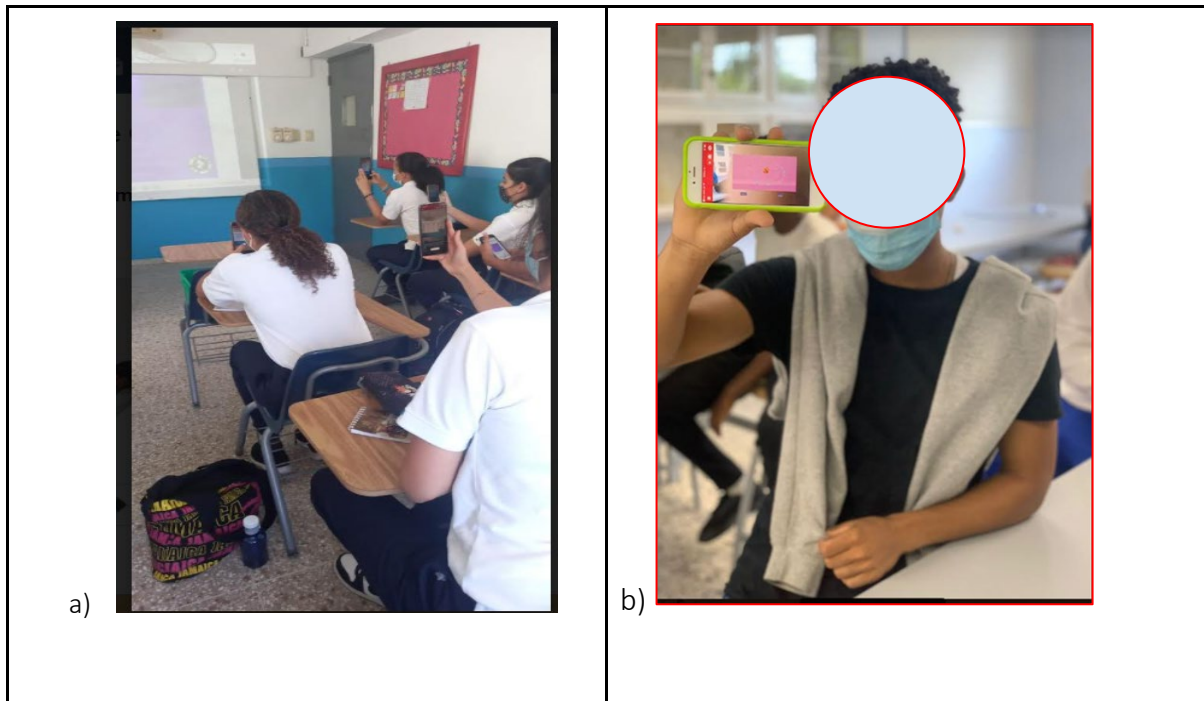
The image shows a digital marker for Magnesium (Mg) with a yellow background. On the right side, there is a red rectangular area containing a 3D model of the electron cloud, showing a central nucleus with two shells of electrons. In the bottom right corner, there is a circular logo with a black and white design.

Fuente: Esquema de elaboración propia

Para su implementación, cada profesor fue entrenado por el equipo de investigadores, en el uso de la app y el escaneado de cada elemento. Se utilizó un instructivo diseñado para descargar e instalar la aplicación Zappar en los diferentes dispositivos móviles (Smartphone y Tablets) que está disponible para descarga gratuita en Play Store y AppStore. Señalar que este instructivo da pautas de cómo visualizar y acceder a la información de los marcadores y se les ofreció en la siguiente dirección web [https://unicaribe.edu.do/diproraqui\\_files/Instrucciones-Uso-Zappar-Objetos.pdf](https://unicaribe.edu.do/diproraqui_files/Instrucciones-Uso-Zappar-Objetos.pdf), o por la vía de la aplicación de Whatsapp Messenger. En términos generales, se despliega un modelo 3D que muestra la distribución en la nube electrónica, con los electrones girando alrededor del núcleo de acuerdo al número atómico. Los profesores, a su vez, orientaron a sus estudiantes para el proceso de interacción. Cada estudiante descargó en su tablet o teléfono móvil la aplicación de Zappar para determinar la estructura de cada elemento que le tocó analizar (Figuras 2 y 3). En esta interacción, se puede rotar, ampliar y separar del marcador para que los estudiantes puedan analizar el elemento y desarrollar el nivel de pensamiento lógico y científico desde el ámbito de la ciencia que, de acuerdo con Ramos (2020), implica “observar, describir, comparar y razonar” (p. 93).

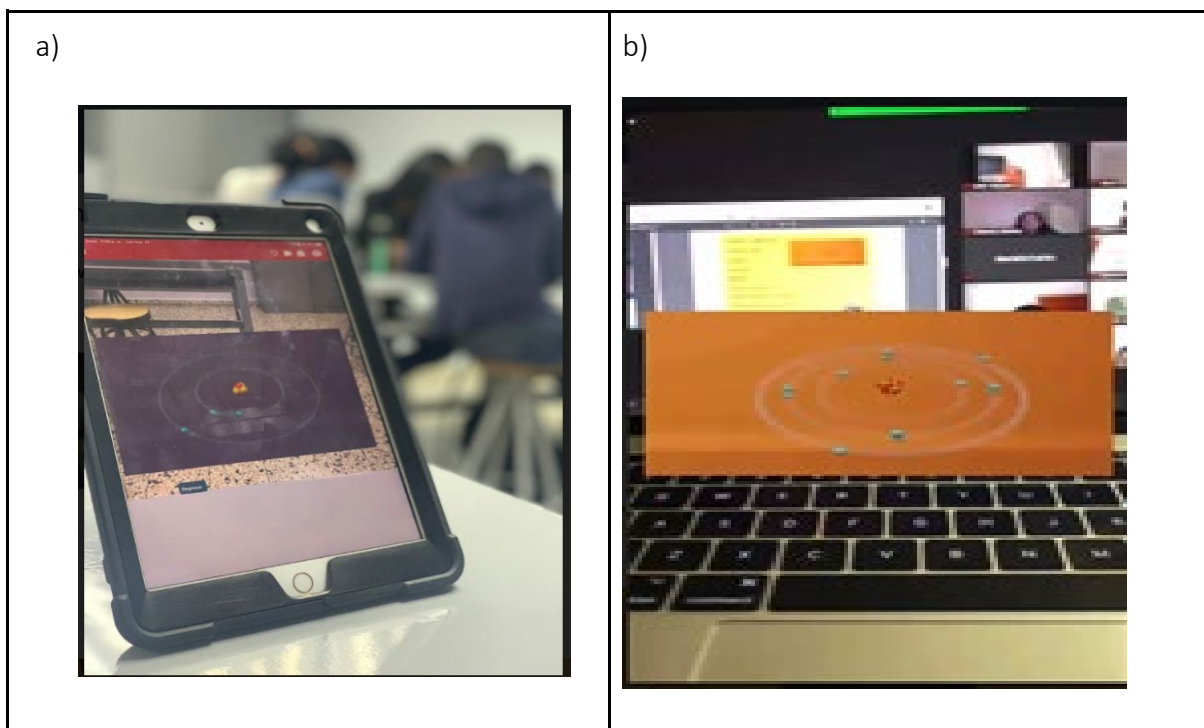
**Figura 2**

Fases (a) y (b) interacción con objetos en RA



**Figura 3**

Modelos 3D: (a) litio y (b) magnesio



## 2.4 Instrumentos de recogida de la información

Los instrumentos de recogida de la información utilizados en este estudio fueron los siguientes:

**Carga Cognitiva:** Este instrumento recoge la valoración global de la experiencia de los estudiantes con los objetos en Realidad Aumentada. Es un cuestionario que consta de 13 ítems, con una escala de valoración del 0 al 10, donde 0 significa “no es en absoluto el caso” y 10 significa “completamente el caso”. Fue administrado a los estudiantes participantes a través de Google disponible en: <https://forms.gle/na3KDz24JdtMLjvF6> y por Whatsapp Messenger.

Atendiendo a las características del instrumento, hemos seleccionado los ítems de las 3 categorías de acuerdo con lo siguiente:

- Carga cognitiva intrínseca (CI): que incluye los ítems sobre contenidos y términos utilizados en RA;
- Carga cognitiva extrínseca (CE): cuyos ítems se relacionan a las explicaciones e instrucciones para su utilización a través de la guía tutorial, así como el diseño instruccional del objeto. Incluye el instructivo que guía al alumno y profesor en el procedimiento para descargar la APP; en este caso, Zappar y cómo hacer el visionado del marcador.
- Carga cognitiva relevante o germánica (CG): esfuerzo en el conocimiento y la comprensión del tema, a través de las actividades propuestas, la presentación de la información y la facilidad de navegación. Indica el grado de complejidad que percibe el alumno en la comprensión de los contenidos y los términos, así como a la inversión de tiempo que dedicó.

**Escala IMMS (Instructional Materials Motivation Survey):** Se trató de un cuestionario tipo Likert, con una escala de valoración del 1 al 7, donde 1 significa “no es en absoluto el caso” y 7 significa “completamente el caso”. Contiene 35 ítems divididos en cuatro categorías (atención, confianza, satisfacción y relevancia) basado en el modelo de motivación ARCS de Keller (2010). Fue administrado a los estudiantes participantes vía Google disponible en: <https://forms.gle/j56uMdoYDLGSRHsE6> y por Whatsapp Messenger.

Para evaluar la consistencia interna, tanto global como de las dimensiones de ambos instrumentos, se ha utilizado la prueba de alfa de Cronbach, siendo esta la más apropiada y utilizada por los investigadores para los coeficientes de estimación de fiabilidad (Ledema *et al.*, 2002). Se utilizó el software estadístico SPSS Versión 28.0.0.0. La tabla 2 a continuación muestra el índice de fiabilidad de ambos instrumentos y sus dimensiones.



**Tabla 2**

*Índice de fiabilidad de los instrumentos y de las dimensiones que los conforman*

IMMS		Instrumento de Carga Cognitiva	
Dimensión	Valor Alfa	Dimensión	Valor Alfa
Total	0.943	Total instrumento	0.936
Atención	0.787	Carga intrínseca – CI	0.726
Confianza	0.752	Carga extrínseca – CE	0.891
Satisfacción	0.836	Carga germánica – CG	0.884
Relevancia	0.712		

De los valores obtenidos, se evidencia un elevado nivel de fiabilidad de ambos instrumentos, de forma total; así como de las dimensiones que lo conforman, ya que, el “valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0.7” (Tuapanta, Duque y Mena, 2017, p. 39). Esto se manifiesta en una alta correlación entre las preguntas de cada una de las dimensiones que los conforman, respectivamente.

### 3. RESULTADOS

Con el fin de analizar los resultados alcanzados, en la tabla 3 que sigue, presentamos los datos estadísticos descriptivos de los valores medios y desviación estándar obtenidos de los instrumentos utilizados: instrumento de carga cognitiva y el IMMS.

**Tabla 3**

*Valores medios y desviación estándar alcanzadas con los instrumentos del IMMS y carga cognitiva*

Dimensión	IMMS		Dimensión	Carga Cognitiva	
	M	Desv. Estándar		M	Desv. Estándar
IMMS Global	4.40	1.05	Instrumento Global	4.28	1.89
Confianza	4.81	1.34	Carga intrínseca - CI Contenido RA	5.06	2.38
Atención	4.42	1.13	Carga extrínseca - CE Tutorial del programa	3.80	3.00
Satisfacción	4.34	1.06	Carga germánica - CG Esfuerzo en la Comprensión y facilidad de navegación	5.29	2.18
Relevancia	4.55	1.32			

La tabla anterior presenta dos aspectos: por un lado, las puntuaciones medias alcanzadas con el IMMS superan los valores medios correspondiente a 3.5, en todos los casos. No obstante, para la valoración carga cognitiva, sólo en las dimensiones CI y CG, las puntuaciones obtenidas superan los valores medio de la escala que corresponde a 5.

Por último, en la tabla 4 presentamos los resultados alcanzados en el coeficiente de correlación de Pearson, cuando se analizaron las relaciones que se podían obtener entre las evaluaciones del instrumento de carga cognitiva que realizaron los estudiantes del objeto en RA después de su interacción y las puntuaciones mostradas en el IMMS de Keller en las diferentes dimensiones.

**Tabla 4**

*Coeficiente de correlación de Pearson entre el instrumento de carga cognitiva y el IMMS*

		Carga cognitiva (global)	Carga intrínseca - CI (Contenidos en RA)	Carga extrínseca - CE (Tutorial del programa)	Carga germánica - CG (Esfuerzo en la comprensión y facilidad de navegación)
IMMS (global)	C.C. Pearson	.162	.096	.250*	.142
	Sig. Bilateral	.193	.434	.038	.255
Confianza	C.C. Pearson	.092	.028	.142	.083
	Sig. Bilateral	.465	.818	.244	.509
Atención	C.C. Pearson	.126	.065	.209	.121
	Sig. Bilateral	.315	.593	.084	.333
Satisfacción	C.C. Pearson	.199	.131	.289*	.174
	Sig. Bilateral	.110	.283	.016	.161
Relevancia	C.C. Pearson	.156	.113	.207	.143
	Sig. Bilateral	.211	.355	.088	.251

*Nota: \* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).*

Tal como observamos en la tabla anterior, en referencia a las relaciones entre las diferentes variables contrastadas, la valoración carga cognitiva (CI, CE y CG) y motivación (confianza, atención, satisfacción y relevancia) son directas; es decir, si una aumenta, la otra aumenta progresivamente. Las relaciones son muy débiles y en la mayoría de los casos no son significativas, excepto en la relación del IMMS con la dimensión del instrumento de la carga cognitiva que corresponde a la carga extrínseca (CE), específicamente con relación al tutorial del programa. Esta se refleja en 0.038; mientras que la relación de la satisfacción con la CE muestra un valor de 0.016. En términos generales, para el instrumento global con relación a los valores obtenidos del IMMS, no existe relación significativa por lo que se rechaza la hipótesis alternativa, prevaleciendo la hipótesis nula que nos hemos planteado.

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con el fin de presentar las conclusiones de este estudio, analizaremos su relación con los objetivos planteados. Para el primer objetivo, podemos indicar que la interacción con los objetos de aprendizaje en formato RA aumenta la motivación de forma significativa, tanto de forma general como para cada dimensión: atención, confianza, relevancia y satisfacción. Estos resultados coinciden con los obtenidos en otras investigaciones similares a la nuestra donde los estudiantes han interactuado con objetos de aprendizaje en formato RA (Moreno, *et al.*, 2020; Cózar *et al.*, 2018; Toledo y Sánchez, 2017). Es importante destacar que este estudio se corresponde al segundo ciclo del nivel secundario pre-universitario, como es el caso de Moreno *et al.* (2020) para Educación Física; pero, en nuestro caso, está enfocado a conceptos de Química. En cambio, la investigación de Toledo y Sánchez se trata de un estudio en el nivel primario. Así, se constata el potencial que tiene esta tecnología para que los alumnos de cualquier nivel académico puedan interactuar con ella (Rodríguez, 2021). Estos resultados van en coherencia con lo expresado por López-Cortés *et al.* (2021) en el sentido de que “el diseño de recursos tecnológicos que reconozcan la importancia de las representaciones externas en los aprendizajes de estudiantes en el contexto escolar, tensiona la idea de que los recursos tecnológicos en la enseñanza tienen valor en sí mismo” (p. 20).

Otro aspecto a resaltar es que los objetos enriquecidos en RA fueron valorados positivamente en cuanto a las tres dimensiones del instrumento de carga cognitiva (CI): carga intrínseca, con relación a los contenidos presentados en RA, relacionados a conocimientos previos; carga extrínseca (CE), en cuanto al diseño instruccional; y, más específicamente, el tutorial del programa y la carga germánica (CG), referente al esfuerzo para la comprensión de los términos y facilidad de uso y navegación. Es importante resaltar que la dimensión CE, no superó el valor medio. No obstante, el ítem con mayor valoración del instrumento corresponde al tutorial del programa. Lo que coincide con Cabero *et al.* (2017) quienes introducen este documento tipo tutorial para “explicar a los alumnos el procedimiento que debían seguir para descargar e instalar la APP, así como la forma de utilizar los dispositivos móviles para acceder a la información” (p. 179). En contraposición con nuestros resultados, se encuentran aquellos obtenidos por Garay *et al.* (2017), donde la mayor puntuación recayó sobre facilidad de uso y navegación.

Llama nuestra atención que no se encontraron relaciones significativas entre la evaluación de la carga cognitiva y la motivación como resultado de la interacción con el objeto enriquecido en RA que representa, en nuestro caso, el elemento de la Tabla Periódica; excepto, en solo dos dimensiones del instrumento (CI y CG). Esto podría deberse a la falta de formación profesoral en cuanto a la implementación de RA en las clases de Química y a la falta de una estructura didáctica a través de una secuencia de aprendizaje. Por lo tanto, es recomendable la profundización en estudios sobre la carga cognitiva que se produce en los estudiantes en lo que refiere a su relación con la construcción de nuevos conocimientos, la interacción con la interfaz y el esfuerzo en la comprensión atendiendo al diseño instruccional, así como la motivación y el rendimiento al interactuar con este tipo de objetos enriquecidos en formato RA. En sintonía con lo anterior, se pone énfasis a la importancia de que el profesor haga uso de recursos educativos tecnológicos y plataformas virtuales con las correctas competencias técnico – pedagógicas (Amores-Valencia y de-Casas-Moreno, 2019; Cañete *et al.*, 2021), donde

se puedan crear nuevos escenarios de educación flexible para que los estudiantes tengan libertad de utilizar los recursos de forma autónoma (Romero y Quintero, 2018).

Respecto a los índices de fiabilidad de los instrumentos utilizados para el diagnóstico de las variables contempladas en este estudio, son similares a aquellos alcanzados por otras investigaciones (Cabero y Barroso, 2018; Gallego *et al.*, 2018; Proske *et al.*, 2014).

A modo de resumen, resaltamos que nuestro trabajo aporta referencias con bases científicas para la implementación de materiales de aprendizaje enriquecidos con RA en estrategias metodológicas para la enseñanza en el área de Química, donde se evidencia una mejora en la motivación y satisfacción por parte de los estudiantes que podría facilitar la construcción de nuevos conocimientos.

Para futuras investigaciones similares a esta, proponemos las siguientes rutas: análisis de la relación entre rendimiento y la incorporación de objetos enriquecidos con RA a través de una secuencia didáctica, indagar sobre el modelo de aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes y profesores, trabajar con contenidos diferentes a los utilizados en este estudio y con otras áreas de Ciencias de la Naturaleza, para evaluar la carga cognitiva al interactuar con esta tecnología emergente.

Dentro de las limitaciones que hemos encontrado en este estudio, se encuentran:

- Escaso conocimiento de los docentes sobre la implementación de la Realidad Aumentada en el área de Química.
- Irregularidad de asistencia de los estudiantes a las escuelas por motivo de la COVID-2019.

## 5. FINANCIAMIENTO

Este estudio se enmarca dentro de un proyecto de investigación I + D, financiado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de la República Dominicana a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT-2018-2019-1B5-005), denominado Diseño, producción y evaluación de objetos de aprendizaje en soporte Realidad Aumentada para la enseñanza de la Química (DIPRORAQUI).

## 6. REFERENCIAS

- Amores-Valencia, A., y De-Casas-Moreno, P. (2019). El uso de las TIC como herramienta de motivación para alumnos de enseñanza secundaria obligatoria estudio de caso español. *Hamut'ay*, 6(3), 37-49. <https://doi.org/10.21503/hamu.v6i3.1845>
- Andrade-Lotero, L. A. (2012). Teoría de la carga cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: un estado del arte. *magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5 (10), 75-92. <https://www.redalyc.org/pdf/2810/281024896005.pdf>

- 
- Araya, E. (2016). *Aprendizaje de la Química con Realidad Aumentada*. Chile: Pontificia Universidad Católica De Valparaíso.
- Cabero, J., y Barroso, J. (2018). Los escenarios tecnológicos en Realidad Aumentada (RA): posibilidades educativas en estudios universitarios. *Aula Abierta*, 47(3), 327 - 336. <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.327-336>
- Cabero, J., Fernández, B., y Marín, V. (2017). Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario. *RED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 167 - 185. <https://doi.org/10.5944/ried.20.2.17245>
- Cabero Almenara, J., y Puentes Puente, A. (2020). La Realidad Aumentada: Tecnología emergente para la sociedad del aprendizaje. *AULA Revista De Humanidades Y Ciencias Sociales*, 66(2), 35-51. <https://doi.org/10.33413/aulahcs.2020.66i2.138>
- Cabero-Almenara, J., Vásquez-Cano, E., y López-Meneses, E. (2018). Uso de Realidad Aumentada como recurso didáctico en la enseñanza universitaria. *Formación Universitaria*, 11 (1), 25-34, <https://doi.org/10.4067/S0718-50062018000100025>
- Cañete Estigarribia, D. L., Cáceres Rolín, E. D., Soto-Varela, R., y Gómez García, M. (2021). Educación a distancia en tiempos de pandemia en Paraguay. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. 7), 181-196. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.1889>
- Cárdenas, N. (2021). *Incorporación de la Realidad Aumentada como herramienta en procesos de Orientación Vocacional: caso de estudio en los colegios distritales de la localidad de Suba, Bogotá*. [Tesis de Maestría, Universidad EAN]. Repositorio Institucional - Universidad EAN.
- Cózar, R., González-Calero, J., Villena, R., y Merino, J. (2018). Análisis de la motivación ante el uso de la realidad virtual en la enseñanza de la historia en futuros maestros. XXI Congreso Internacional EDUTEC. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.68.1315>
- Davis, F. D. (1989), Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340, <https://doi.org/10.2307/249008>
- Di Serio, A., Ibáñez, M., y Delgado, C. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>. Revista de
- Fombona, J., Pascual, M., y Madeira, M. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210.
- Gallego, O., Barros, J., y Marín, V. (2018). Análisis de la motivación de los estudiantes universitarios como productores de recursos educativos utilizando la Realidad Aumentada. *Espacios*, 39 (25). <http://www.revistaespacios.com/a18v39n25/18392508.html>

- Garay, U., Tejada, E., y Maizq. I. (2017). Valoración de objetos educativos enriquecidos con realidad aumentada: una experiencia con alumnado de máster universitario. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 50, 19 – 31. <https://www.redalyc.org/pdf/368/36849882001.pdf>
- George, C. E. (2020). Percepción de estudiantes de bachillerato sobre el uso de Metaverse en experiencias de aprendizaje de realidad aumentada en matemáticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 58, 143-159. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.74367>
- Han, J., Jo, M., Hyun, E., y So, H. (2015). Examining young children's perception toward augmented reality-infused dramatic play. *Education Tech Research Development*, 63, 455-474. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9374-9>
- Keller, J. (1987). Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design. *Journal of instructional development*, 10, 2-10. <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02905780>
- Keller, J. (2010). Strategies for Stimulating the Motivation to Learn. *Performance and Instruction*, 26(8), 1-7. <https://doi.org/10.1002/pfi.4160260802>
- Ledesma, R., Molina, G., y Valero, P. (2002). Análisis de consistencia interna mediante Alfa de Cronbach: un programa basado en gráficos dinámicos. *Psico-USH*, 7 (2), 143- 152.
- López-Cortés, F., Ravanal, E., Palmas-Rojas, C., y Merino, C. (2021). Niveles de representación externa de educación secundaria acerca de la división celular mitótica: una experiencia con realidad aumentada. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 62, 7 - 37. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.84491>
- Lu, J., y Ying-Chieh, L. (2014). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.911247>.
- Marín-Díaz, V., Cabero-Almenara, J., y Gallego-Pérez, O. (2108). Motivación y realidad aumentada: Alumnos como consumidores y productores de objetos de aprendizaje. *Aula Abierta*, 47 (3), 337-346. <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.337-346>
- Martínez-Rodríguez, R., y Benítez-Corona, L. (2020). La ecología del aprendizaje de la resiliencia en entornos ubicuos ante situaciones adversas. *Comunicar*, 62 , 43-52. <https://doi.org/10.3916/C62-2020-04>
- Montecé-Mosquera, F., Verdesoto-Arguello, A., Montecé-Mosquera, C., y Caicedo-Camposano, C. (2017). Impacto de la Realidad Aumentada en la Educación del Siglo XXI. *European Scientific Journal* September, 13 (25), 129 - 137. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n25p129>
- Moreno, A., Rodríguez, C., Ramos, M., y Sola, J. (2020). Interés y motivación del estudiantado de Educación Secundaria en el uso de Aurasma en el aula de Educación Física. *Retos*, 38, 333 - 340. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76832>

- 
- Proske, A., Roscoe, R., y McNamara, D. (2014). Game-based practice versus traditional practice in computer-based writing strategy trainin: effects on motivation and achievement. *Education Technology Research Development*, 62, 481 - 505. <https://doi.org/10.1007/s11423-014-9349-2>
- Ramos, A. (2020). Enseñar Química en un mundo complejo. *Educación Química*. 31(2), 91-101. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.2.70401>
- Rodríguez, B. (2021). Realidad Aumentada en educación Primaria: Revisión Sistémica. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 77, 169-185. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.77.1703>
- Romero, S., y Quintero, J. (2018). Entornos flexibles para el aprendizaje. *Revista Internacional de Teconología, Ciencia y Sociedad*. 7 (1), 9 – 15. <https://doi.org/10.37467/gka-revtechno.v7.317>
- Ruiz, S. (2020). Realidad Aumentada y aprendizaje en la Química Orgánica. *Apertura*, 12(1), 106 - 117. <https://doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1853>
- Salinas, J. (2020). Educación en tiempos de pandemia: tecnologías digitales en la mejora de los procesos educativos. *Revista Innovaciones Educativas*, 22, 17 - 21. <http://dx.doi.org/10.22458/ie.v22iespecial.3173>
- Sellan, M. (2017). Importancia de la motivación en el aprendizaje. *Sinergias educativas*, 2(1). <https://doi.org/10.37954/se.v2i1.20>
- Srinivasan, S., Ramos, JAL., y Muhammad, N. (2021). A Flexible Future Education Model – Strategies Drawn Teaching during the COVID-19 Pandemic. *Education Sciencies*. 11 (9), 557. <https://doi.org/10.3390/educsci11090557>
- Solórzano-Restrepo, J., y López-Vargas, O. (2019). Efecto diferencial de un andamiaje metacognitivo en un ambiente e-learning sobre la carga cognitiva, el logro de aprendizaje y la habilidad metacognitiva. *Revista Suma Psicológica*, 26(1), 37-45. <https://doi.org/10.14349/sumapsi.2019.v26.n1.5>
- Sosa, E. A. (2018). *Diseño de un modelo de incorporación de tecnologías emergentes en el aula para la generación de estrategias didácticas por parte de los docentes*. Universidad de Baleares.
- Toledo, P., y Sánchez, J. (2017). Realidad Aumentada en Educación Primaria. *RELATEC. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 16(1), 79 - 92.
- Tuapante, J.; Duque, M. y Mena, A. (2017). Alfa de Cronbach para validar un cuestionario de uso de TIC en docentes universitarios. *MKTDescribe*, 10, 37 - 48
- Videla, J. J., Sanjuán, A., Martínez, S., y Seoane, A. (2017). Diseño y usabilidad de interfaces para entornos educativos de realidad aumentada. *Digital Education Review*, 31, 61-79.

---

Wei, X., Weng, D., Liu, Y., y Wang, Y. (2015). Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Computers & Education*, 81, 221-234. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.10.017>

#### Para citar este artículo:

Chaljub Hasbún, J., Peguero, J. R. y Mendoza Torres, E. (2022). Uso de la Realidad Aumentada como herramienta de motivación para la enseñanza de los elementos de la Tabla Periódica. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (80), 50-65. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2293>