

Evaluación del Impacto de una propuesta STEM con Realidad Virtual Inmersiva en las actitudes Científico-Matemáticas de estudiantes en un contexto retante

La investigación asociada a este Trabajo Fin de Máster ha sido publicado por la revista EDUCAR:

Silva-Díaz, F., Fernández-Plaza, J.A. & Carrillo-Rosúa, J. Uso de Tecnologías Inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educar*, en prensa.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**



UNIVERSIDAD DE GRANADA

**Máster Universitario Investigación e Innovación en
Currículum y Formación**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

***“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE UNA PROPUESTA
STEM CON REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA EN LAS
ACTITUDES CIENTÍFICO-MATEMÁTICAS DE
ESTUDIANTES EN UN CONTEXTO RETANTE”***

Granada, 13 de septiembre de 2019

Autor/a: Francisco R. Silva Díaz

Tutor/a 1: Fco. Javier Carrillo Rosúa

Tutor/a 2: José Antonio Fernández Plaza

Resumen:

Se presenta una investigación basada en la incorporación de Tecnologías Emergentes en Educación para la enseñanza de asignaturas científico-matemáticas asociadas al enfoque STEM (*Science –Technology – Engineering and Maths*) y el impacto que tienen en las actitudes del estudiantado en el aprendizaje de dichas asignaturas. Se ha considerado realizar la investigación en un contexto retante, de severa exclusión social, en la que el aprendizaje de este tipo de asignaturas y, más aun, el desarrollo de vocaciones de tipo científico-matemáticas parecieran ser menores. Se diseña e implementa una propuesta didáctica que contempla el uso de un Software de Realidad Virtual Inmersiva (RVI) y una serie de actividades manipulativas y experienciales que tienen por objetivo articular las disciplinas STEM y ser un nexo entre lo virtual y lo real. Los resultados indican la existencia de variaciones significativas, junto con un tamaño del efecto (TE) medio, en las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias ($p= ,000$; $TE= ,535$), no así en el ámbito de las matemáticas ($p= ,887$; $TE= ,070$). Asimismo, los estudiantes manifiestan mejoras significativas en su conocimiento de los contenidos trabajados en la propuesta en todas las disciplinas STEM ($p= ,000$; $TE= ,944$), a la vez que valoran positivamente la realización del proyecto (9,9 sobre 10), el uso de software de RVI (8,8 sobre 10) y el desarrollo de actividades manipulativas – experienciales (9,5 sobre 10). Finalmente, el profesor de las asignaturas de Ciencias y Matemáticas del centro, por medio de una entrevista semiestructurada, realiza una valoración positiva del proyecto.

Palabras clave:

Realidad Virtual – Actitud hacia las Ciencias – Actitud hacia las Matemáticas – Exclusión Social – Educación STEM.

Abstract:

This is a research based on the incorporation of Emerging Technologies in Education for the teaching of the scientific – mathematical subjects, associated to the STEM approach (*Science – Technology – Engineering and Maths*) and the impact that they have on the students' attitudes when they learn these subjects. To perform this research, a challenger context with a severe social exclusion has been considered, where the learning of these kinds of subjects and the development of the scientific – mathematical vocations seem to be lower. A didactic proposal, that contemplates the use of an Immersive Virtual Reality Software (IVR), has been designed and implemented together with a group of complementary manipulative and experiential

activities which main goal is to articulate the STEM discipline to be the link between the virtual and real.

The results indicate the existence of significant variations, with a medium effect size (ES), in attitudes towards science learning ($p = ,000$; $ES = ,535$), but not in the mathematical field ($p = ,887$; $ES = ,070$). Likewise, students show significant improvements on every contents worked on STEM discipline proposal ($p = ,000$; $ES = ,944$), at the same time they positively appreciate the performance of these projects (9,9 over 10), the use of IVR software (8,8 over 10) and the development of manipulative and experiential activities with a high value (9,5 over 10). Finally, the Science and Mathematica's teacher of the school, through a semi-structured interview, makes a positive assessment of the project.

Keywords:

Virtual Reality –Attitudes toward Sciences –Attitudes toward Mathematics – Socially Disadvantaged – STEM Education.

Agradecimientos:

Este proceso culmina en el mismo momento en que completamos, junto a mi familia, nuestro primer año de experiencias fuera de nuestro natal Chile. Es por ello que comienzo estas líneas con ellos.

A Romina, mi esposa, compañera, amiga y un sinnúmero de apelativos que conllevan la carga de ser mi apoyo incondicional, ten siempre la certeza que te admiro por todo lo que representas, en lo personal, en lo académico y profesional, eres un modelo a seguir. Agradezco tu comprensión, compañía y aliento en las horas más difíciles de este proceso, sin ti nada de esto hubiera acabado. *Te amo de aquí a la luna a pasitos de hormiga bebé con bastones.*

A Trinidad, mi hija, por ser la estrella que ilumina el sendero, por llenar mi cuerpo y alma de energías a diario, una sonrisa tuya lo vale todo. Ten siempre presente que, junto a tu madre, hemos dado muchos pasos para construirte un futuro mejor. *Te amo de aquí a la luna porque es de noche.*

A todos quienes conforman el Máster en Investigación e Innovación en Currículum y Formación, especialmente sus coordinadores, de quienes agradezco todo lo que han aportado en este proceso, desde principio a fin. A todos los profesores, de quienes me llevo las mejores experiencias, tengan la certeza que han aportado en este trabajo, solo espero no defraudarlos.

Al centro educativo en el cual se implementó la propuesta, a todos y cada uno de quienes son parte, les agradezco por abrirme las puertas, especialmente a su director, quien siempre tuvo una respuesta positiva a todo lo que se necesitó realizar en esta investigación, he de mantener el anonimato de ustedes, pero les guardo un especial recuerdo. Mi agradecimiento eterno a Antonio, quien me entregó parte de su tiempo y se esmeró en que este proyecto se concretase con éxito. A los estudiantes, especialmente a quienes participaron en el proyecto y asistieron a cada una de las sesiones, siendo respetuosos y participativos, me llevo las mejores impresiones de ustedes.

Guardo este último espacio para agradecer a los directores de este trabajo, lidiar con tantas ideas y ocurrencias no es fácil y les agradezco por darse el tiempo cada vez que lo necesité. José Antonio has sido un gran aporte en el logro de esta investigación, siempre te acercaste con una sonrisa a ver cómo va la cosa. Mi admiración y agradecimiento a Javier, por tus consejos, apoyos y empatía, ten por seguro que has sido parte fundamental en mi formación y has dejado huella en ella, para un educador como tú y yo, trascender es el fin último, y tú lo has conseguido querido amigo.

Índice

1. Introducción	1
2. Marco Teórico	3
2.1 Actitud hacia las Ciencias y Matemáticas	3
2.2 Realidad Virtual en Educación	4
2.3 Educación STEM.....	5
2.4 Contextos educativos de exclusión social	6
3. Planteamiento del problema y objetivos de Investigación	8
3.1 Objetivo(s) General(es)	8
3.2 Objetivos Específicos	8
4. Metodología	9
4.1 Población y Participantes.....	9
4.2 Instrumentos	9
4.3 Propuesta Didáctica	12
4.4 Procedimiento	14
4.5 Tratamiento de los datos.....	15
5. Resultados y Discusión	18
5.1 Actitud hacia Ciencias y Matemáticas.....	18
5.2 Autopercepción de los aprendizajes	21
5.3 Satisfacción del programa por parte del estudiantado	22
5.4 Opinión del profesorado	25
Conclusiones, limitaciones e investigaciones futuras	29
Referencias	31
Anexos.....	36

1. Introducción

La educación en el siglo XXI plantea nuevos y fascinantes desafíos. Hemos sido testigos como la incorporación de las nuevas tecnologías en las aulas han favorecido los procesos de enseñanza, convirtiéndolos en experiencias de aprendizaje en las que los estudiantes, en su mayoría nativos digitales, presentan habilidades que les permiten interactuar con diversos objetos tecnológicos con naturalidad. Sin embargo, al analizar las dinámicas de aula, seguimos observando como la inclusión de los últimos avances tecnológicos, que facilitan la innovación educativa, se realiza en una pequeña proporción en los centros educativos.

Sabemos, también, que la actitud positiva hacia una determinada experiencia, ya sea de aprendizaje o de otra índole, influye en el éxito que se tenga en la misma. Distintos informes de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) ponen de manifiesto la escasa motivación existente por parte de estudiantes de Educación Secundaria, especialmente en lo referente al área científico-matemática. Asimismo, informes como Rocard (2007) no hacen más que enfatizar en dicha problemática. La Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE, 2011), a través del Informe Enciende propone fomentar la diversificación de estrategias para la enseñanza de las Ciencias desde Educación Primaria buscando, entre otros aspectos, apuntar hacia la motivación – actitudes – del estudiantado y de esta forma incentivar el aprendizaje de las Ciencias.

A partir de la creciente preocupación por la baja motivación por cursar estudios en disciplinas científico-matemáticas, especialmente en el campo científico, se han venido desarrollando distintas tendencias en los últimos años que tiene por objetivo fomentar las vocaciones científicas, enfoques como el STEM¹ que apunta hacia el desarrollo de habilidades científico-matemáticas desde una perspectiva aplicada e integradora y su posterior derivación en el STE(A)M, incorporando la dimensión artística, promueven con fuerza la incorporación de tecnologías emergentes. Sin embargo, esta tendencia hacia la masificación de la educación STEM conlleva la problemática sobre si realmente se da cuenta de sus postulados, en este sentido Martín-Páez et al. (2019) concluyen que, a pesar de la existencia de un gran número de

¹ STEM: Acrónimo en inglés de *Science-Technology-Engineering-Math*. Hace referencia a una reciente tendencia educativa nacida en EEUU que implica, entre otras orientaciones, un enfoque de la enseñanza interdisciplinar en relación con estas áreas de conocimiento, cambio en la finalidad de la educación científica y un refuerzo de metodologías didácticas más dinámicas.

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

proyectos asociados al enfoque STEM, son pocos los que cumplen con la visión integradora y articulada de las disciplinas y, por lo general, la integración se realiza de forma parcial.

El informe Tendencias Educativas del Observatorio de Innovación Tecnológica y Educativa (ODITE, 2017) presenta una panorámica de cómo los avances tecnológicos se están incorporando a la educación de forma progresiva, y sostenida, en los últimos años, aspectos como Realidad Aumentada (RA), RVI, Robótica, el movimiento Maker se están convirtiendo en herramientas de aprendizaje que pueden facilitar el proceso educativo. Por tanto, estas pueden ser consideradas como tecnologías emergentes en educación requiriéndose, para un uso más efectivo de las mismas, de una exhaustiva investigación educativa que todavía es incipiente. (Makokha, 2017)

Esta (des)motivación adquiere mayor profundidad cuando el contexto educativo está marcado por la exclusión social. Según Tarabini (2017) el fenómeno de exclusión escolar se encuentra determinado por factores, generalmente sociales, que afectan, en menor o mayor medida, a toda la población que se encuentra en proceso de escolarización y que actúa, principalmente, en las diferencias en acceso a contenidos, experiencias y aprendizajes, lo que impacta en el proceso y experiencia de aprendizaje del estudiantado, propiciando, de forma negativa, un posible fracaso o, en el peor de los casos, abandono escolar. La búsqueda de estrategias para mejorar la actitud hacia las Ciencias y Matemáticas son más acuciantes en contextos de exclusión social, donde el riesgo de fracaso escolar, más aún, de escasez de estudiantes que continúan con estudios universitarios en el ámbito STEM, es apreciablemente mayor.

La investigación que se propone se basa en el diseño e implementación de una propuesta para la enseñanza de las Ciencias y Matemáticas basado en un enfoque STEM, en la que ocupa un lugar preferente la utilización del software de RVI “STEM + VR” de la Fundación 3M y tratando de armonizar lo “virtual” con lo “real”.

2. Marco Teórico

2.1. Actitud hacia las Ciencias y Matemáticas

Las actitudes hacia las ciencias han sido foco de numerosas investigaciones en educación (Aguilera y Perales-Palacios, 2018; Osborne, Simon y Collins, 2003; Tzu-Chiang et al., 2014). En cuanto al concepto de actitud, Pozo y Gómez (1998) señalan que las actitudes – hacia las ciencias – corresponden a elementos implícitos al ser humano y que muchas veces, sino en la mayoría, no somos conscientes de ellas, sin embargo, desempeñan un papel esencial en todos los aprendizajes.

Las actitudes responden a un concepto multidimensional (Shrigley, 1988, citado en Zhang y Campbell, 2011), por lo que su comprensión dependerá de distintos factores, entre los que Zhang y Campbell (2011) destacan: a) la percepción del profesor/a de Ciencias, b) la ansiedad, c) la valorización de las Ciencias, d) autoestima en las Ciencias, e) motivación hacia las Ciencias, f) satisfacción o disfrute de la Ciencia y g) actitudes de otros hacia la ciencia (compañeros o amigos). Por tanto, la construcción de las actitudes posee una gran influencia en el contexto social. Para Schwarz (2007), no sólo se encuentran determinadas por elementos intrínsecos del ser humano, sino que, además, corresponden a “construcciones latentes” determinadas por el contexto. En dicho sentido Osborne et al. (2003) señalan que existen diferencias en los intereses académicos manifestados dependiendo el origen étnico, por lo que las actitudes se van construyendo en función de elementos culturales.

Con relación al tipo de actitudes Zan y Di Martino (2007) enfatizan en la dicotomía que se presenta a la hora de hablar de estas (positivas o negativas) y la relación que existe con las creencias de los mismos estudiantes respecto de la disciplina, por lo que hablar de una actitud positiva o negativa estará determinado por la visión que el estudiantado tenga sobre la asignatura, la que se suele encontrar asociada más a la dimensión negativa por sobre la positiva. En esa misma línea, Mata, Monteiro y Peixoto (2012) manifiestan que las actitudes – hacia las matemáticas – pueden ser más o menos positivas, siendo una actitud positiva aquella que refleja un estado emocional positivo hacia la asignatura, caso contrario a las actitudes negativas que se relacionan con aspectos emocionales negativos frente al aprendizaje de una disciplina.

Por último, respecto a las actitudes y el impacto que tienen la vocación científica, Osborne et al. (2003) señalan la existencia de una relación entre las actitudes y el logro académico – de actividades científicas – que frecuentemente se ven asociadas a las experiencias de la infancia, las que influyen en un posterior interés académico, lo que genera un compromiso

positivo hacia la ciencia. Una idea similar es planteada por Bybee y McCrae (2011), quienes señalan las actitudes de los estudiantes influyen en su disposición a vincularse con temas relacionados con la Ciencia y, además, constituyen un elemento favorecedor de la alfabetización científica.

2.2. Realidad Virtual en Educación

La sociedad del siglo XXI se encuentra en pleno proceso de revolución tecnológica, una de las voces hispanoparlantes más influyentes en el campo de las nuevas tecnologías aplicadas a la educación, señala que la presencia de las nuevas tecnologías y, más aun, su significación en el día a día se ha vuelto parte esencial en nuestra sociedad, incluso han tomado un papel importante en las decisiones políticas y económicas (Cabero, 2015). En esta misma línea Makokha (2017) sostiene la importancia que poseen las tecnologías emergentes como herramientas para la enseñanza de las Ciencias en la actualidad. Sin embargo, el mismo Cabero (2015), señala que la inclusión de las nuevas tecnologías en el ámbito escolar ha sido explosiva, lo que ha traído consigo una serie de dificultades, entre ellas, la capacidad de los centros educativos para absorberlas.

En términos de desarrollo tecnológico, la RV ha tenido como precedente la Realidad Aumenta (RA) la que se entiende como una herramienta que explota las posibilidades del mundo real al proporcionar información adicional y contextual que aumenta la experiencia de los estudiantes (Wu, Lee, Chang y Liang, 2013), por su parte el concepto de Realidad Virtual (RV), al igual que su tecnología, ha ido evolucionando con los años, Cipresso et al. (2018) señalan que, ante la diversidad de definiciones del concepto RV, se establecen tres ideas clave en la mayoría de las definiciones; a) inmersión: hace referencia a la cantidad de sentidos estimulados en el entorno RV, el grado de inmersión puede variar según el diseño del entorno RV y del uso de sensores adicionales que estimulan los sentidos (p. ej. auriculares (oído), sensores hápticos (tacto), entre otros.); b) percepción de la presencia en un entorno RV: la presencia es un sentimiento psicológico complejo relacionado con “estar ahí”, se relaciona con el nivel de realismo del diseño del entorno virtual y la posibilidad de “interactuar” con él; c) interacción con el entorno: ligado a las expectativas de realidad del usuario y las propuestas en el entorno de RV, a mayor cercanía con la realidad – o las expectativas del usuario – mayor sensación de presencia y por consiguiente mayor interacción. A modo de síntesis, mientras que la RA proporciona información contextual adicional, que puede implicar el uso de modelos o imágenes 3D, la RV proporciona una experiencia multisensorial, basada en la construcción de

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

entornos virtuales, donde el usuario es parte de él y, en menor o mayor medida, puede interactuar con ellos.

El uso de la Realidad Virtual en la educación es muy reciente, en el informe “*Horizon Report: K-12 Edition*” (Freeman, Adams, Cummins, Davis, y Hall, 2017) se estima que el tiempo de adaptación, para integrar la RV a la educación, es de entre 2 a 3 años, es decir, al 2020 este tipo de tecnología debería tener presencia en los centros de educación Primaria y Secundaria, se trata, entonces, de una muy reciente fuente de información de la cual la investigación es muy incipiente.

Respecto a investigaciones que han utilizado la RV, Truchly (2018) señala que, en la necesidad de los estudiantes por experimentar sus aprendizajes, las aplicaciones de realidad virtual (p. ej. juegos educativos) permiten apoyar significativamente la motivación por aprender y, además, potencian el desarrollo competencias cooperativas, cognitivas e incluso en la mejora de las habilidades sociales. Para Vera, Ortega y Burgos (2003) no solo se constituye como un agente motivador del aprendizaje, sino que la utilización de modelos virtuales permite obtener un sentido del espacio 3D del que carece cualquier otro sistema de representación gráfica. Además, se trata de una tecnología bastante intuitiva en cuanto a su uso y que consigue facilitar la explicación de conceptos complejos o abstractos. Por su parte, Gwee (2014) describe como las representaciones visuales que genera la realidad virtual permiten a los estudiantes mejorar en sus habilidades de visualización espacial, especialmente en el aprendizaje de la geometría en tres dimensiones (3D). En tanto, Miguélez (2018) aporta en la idea de que la realidad virtual le entrega al estudiante la experiencia de establecer un conocimiento concreto, el que les servirá para adentrarse en un conocimiento aún mayor si además lo complementan y amplían realizando búsquedas sobre aquellas cuestiones que mayor interés les han despertado.

2.3.Educación STEM

La creciente preocupación por la enseñanza de asignaturas de tipo científico-matemática, como se ha establecido en el primer apartado de este capítulo, ha repercutido en la concepción de distintos modelos de enseñanza de las ciencias y matemáticas, entre otras, basados en el rol activo del estudiantado y de carácter colaborativo. El surgimiento del “movimiento” STEM tiene sus orígenes en Estados Unidos. Sanders (2009) y Bybee (2013) señalan un posible “nacimiento” en los años 90’s cuando la Fundación Nacional de Ciencias comienza a utilizar el acrónimo de SMET como referencia a la enseñanza en conjunto de las ciencias, matemáticas, ingenierías y tecnología, el que posteriormente, por adecuaciones fonéticas, pasaría a conocerse

como STEM. El término STEM ha sido ampliamente utilizado en diversas actividades (Bybee, 2013), incluso ha llegado al punto de comercializarse (Sanders, 2009). Sin embargo, no existe claridad en una definición para el acrónimo que reúne a estas cuatro disciplinas. Bybee (2013) señala que existen definiciones que hacen referencia a las cuatro disciplinas en conjunto, aunque en ocasiones el énfasis se centre solo en una de ellas, mientras que otras definiciones consideran la articulación de las cuatro disciplinas de forma simultánea. En investigaciones más recientes (Martín-Páez et al., 2019) se concluye que existe una amplia gama de propuestas de actividades STEM en la literatura, no obstante, la mayoría de ellas enfatiza en una o, a lo sumo, en dos de las cuatro disciplinas.

Bybee (2013) propone que, frente a la amplia gama de definiciones STEM, se requiere de un contexto que delimite su significado. En ese sentido, este estudio se acerca más a una perspectiva de la educación STEM integrada propuesta por Sanders (2009), en la que señala que se debe, al menos, articular dos o más disciplinas y no necesariamente las cuatro de forma simultánea, pudiéndose relacionar una asignatura STEM con otra asignatura escolar de otra índole (p. ej. historia, ciencias sociales, artes, entre otras). Además, Martín-Páez et al. (2019) sintetizan que la articulación de las disciplinas debe ir acompañada de una metodología que tenga la capacidad de potenciar la integración, entre ellas, se mencionan la Indagación (IBSE) o el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), las que tienen por objetivo facilitar la integración de las cuatro disciplinas y la aplicación de los conocimientos adquiridos dado que, entre sus objetivos, se pretende demostrar la transferencia del contenido estudiado y del conocimiento adquirido a situaciones de la vida real.

2.4.Contextos educativos de exclusión social

Cuando hacemos referencia a contextos de exclusión social o “contextos retantes” de enseñanza (Amber y Martos, 2017), es necesario comprender el concepto de “exclusión social”, sin embargo, no es algo fácil de conceptualizar, principalmente, debido a que en ella convergen una serie de elementos con características propias y que, a su vez, se encuentran definidos por los propios contextos socio-culturales.

Para Jiménez (2008) el concepto de exclusión social se encuentra muy relacionado con aspectos vinculados a la ciudadanía social (p. ej. trabajo, salud, educación, vivienda, calidad de vida, entre otros) y que a su vez se constituye como un elemento en contraposición a la integración social, siendo el sector excluido el que se encuentra al margen de la obtención de ciertos derechos laborales, culturales y/o escolares. Asimismo, Tarabini (2017) sostiene que el

concepto de exclusión educativa responde a un proceso amplio y gradual, en el que el estudiantado, a modo general, se ve expuesto, sin distinción, a espacios de vulnerabilidad, en los que su proceso de escolarización se ve en riesgo potencial. Sin embargo, se establece que, dentro de los factores que influyen en el riesgo de fracaso escolar, el origen social del estudiantado determina en, al menos, un 50% de las diferencias en rendimiento. Por cuanto, el origen socioeconómico del estudiantado influye, en gran medida, en el fenómeno de la exclusión social, principalmente, porque son familias que poseen bajo capital cultural y, por tanto, proyectan en sus hijos las mismas carencias (Tarabini, 2017).

Frente a este fenómeno, que afecta a un amplio número de familias, Jiménez (2012) manifiesta la importancia de fomentar la colaboración entre las escuelas y la comunidad, en ese sentido, existen evidencias de buenas prácticas que fomentan la inclusión escolar, lo que posibilita un nexo entre la dimensión social de la exclusión social con el ámbito escolar y que permita construir conocimiento colaborativo.

Uno de estos espacios de búsqueda de la inclusión educativa con colaboración entre comunidad y escuela es conocido como “Comunidades de Aprendizaje” (e.g. Flecha y Puigvert, 2002) las que son definidas por la Junta de Andalucía, por medio de la Orden por la que se regula el procedimiento de inscripción y continuidad de centros reconocidos como Comunidad de Aprendizaje y se crea la Red Andaluza Comunidades de Aprendizaje (2012) como:

“un proyecto de transformación que desde los centros educativos [...] está focalizado en el éxito escolar y, en el cual, el proceso de enseñanza-aprendizaje no recae exclusivamente en manos del profesorado, sino que depende de la implicación conjunta del personal del centro educativo y de diferentes sectores: familias, asociaciones y voluntariado.” (p. 47).

Una de las claves de esa inclusión es la de promover el aprendizaje dialógico (Aubert et al., 2008), a través de grupos interactivos y otras actuaciones que favorecen las interacciones, unas interacciones que se buscan que sean realmente de calidad (Galafat et al., 2016).

Como ya se ha señalado anteriormente, la actitud se define como un concepto multidimensional, por lo que el factor sociocultural se constituye como un elemento que impacta en la concepción de las actitudes. En este sentido Gorard y See (2009) señalan que elementos socioculturales, como los ingresos y la educación de los padres, afectan en las creencias y/o actitudes de los hijos, siendo estos “transmitidos” a través de la interacción proximal. En este sentido, las actitudes de los estudiantes en contextos socialmente vulnerables,

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

se ven afectas por las carencias de los derechos laborales, culturales y/o escolares señaladas por Jiménez (2008).

3. Planteamiento del problema y objetivos de Investigación

Los estudiantes de la E.S.O. manifiestan un bajo interés por el aprendizaje de asignaturas del ámbito STEM (Matemáticas, Biología-Geología, Física-Química y Tecnología), lo que puede contribuir al fracaso escolar y posterior abandono. Por tanto, aquellas estrategias y recursos que contribuyan a aumentar ese nivel de motivación podrían, a la postre, ayudar a mejorar los aprendizajes en estas materias disminuyendo el fracaso en las mismas.

¿La aplicación de una propuesta didáctica de innovación curricular con un enfoque STEM basada en el uso de RVI mejorará la actitud de los estudiantes respecto del aprendizaje de asignaturas de carácter científico y matemático?

3.1. Objetivo(s) General(es)

Caracterizar el impacto que tiene la aplicación de una innovación curricular basada en un enfoque STEM, mediante el uso de un entorno de RVI, en la actitud hacia las Ciencias y las Matemáticas del estudiantado de primero y segundo año de la E.S.O. en un centro educativo de un contexto socialmente vulnerable.

3.2. Objetivos Específicos

- a) Diseñar una propuesta didáctica de 4 sesiones con actividades manipulativas-experienciales y de RVI que articulen las disciplinas STEM.
- b) Implementar la propuesta STEM diseñada con estudiantes de 1º y 2º de ESO en un centro educativo en un contexto de severa exclusión social.
- c) Contrastar las actitudes de los estudiantes participantes hacia las matemáticas y las ciencias posteriores a la intervención didáctica con las iniciales previas a la mencionada intervención.
- d) Conocer la valoración de los aprendizajes por parte del estudiantado respecto de los contenidos, de tipo STEM, asociados al software de RVI.
- e) Conocer la valoración que tiene el estudiantado respecto del uso de tecnologías emergentes, como la RVI, especialmente en contextos de severa exclusión social.
- f) Caracterizar las dificultades y puntos fuertes del uso de la RVI y sus posibilidades de integración con actividades manipulativas y experienciales en el ámbito STEM en contextos de severa exclusión social, por medio de la valoración del profesorado respecto del proyecto.

4. Metodología

La investigación responde a un **enfoque mixto, cuantitativo con un diseño cuasiexperimental** con un solo grupo (León y Montero, 2015) con aplicación de un pre y postest para la medición de actitudes y solo postest para la autovaloración de aprendizajes y del proyecto en sí; además cuenta con una **fase cualitativa** basada en observación participante y la aplicación de una entrevista semiestructurada tras la intervención. La elección de este tipo de diseño se basa en la complementación propuesta por Sampieri (2014) debido a la necesidad de comprender en profundidad los resultados obtenidos a partir de la investigación.

4.1. Población y participantes

La investigación se ha desarrollado en un centro educativo concertado que integra el proyecto educativo “Comunidades de Aprendizaje” (Orden por la que se regula el procedimiento de inscripción y continuidad de centros reconocidos como Comunidad de Aprendizaje y se crea la Red Andaluza Comunidades de Aprendizaje, 2012), ubicado en la zona norte de Granada, sector de un contexto socialmente vulnerable. La población está determinada por los estudiantes de primer y segundo año de E.S.O. del centro (43 estudiantes).

Los participantes han sido seleccionados mediante un muestreo no probabilístico, intencional (Cardona, 2002), debido a criterios de accesibilidad de la muestra y el interés y la disponibilidad de los participantes para participar de la investigación. Los participantes se corresponden con 17 estudiantes de 1º y 2º de la E.S.O., con un rango de edades entre los 12 – 13 años, de los cuales 10 son mujeres (7 de 1º de E.S.O. y 3 de 2º de E.S.O.) y 7 varones (4 de 1º de E.S.O. y 3 de 2º de E.S.O.).

4.2. Instrumentos

Se han utilizado instrumentos cuantitativos, cualitativos y mixtos, que se detallan a continuación:

Los cuestionarios *The Psychometric Evaluation of a Three-Dimension Elementary Science Attitude Survey* (TDSAS) de Zhang y Campbell (2011) para determinar la actitud de los estudiantes hacia las Ciencias, el cuestionario contempla tres dimensiones; a) los estudiantes están conectados afectivamente con las Ciencias (1, 2, 3, 5, 7, 10, 11, 16, 22, 26, 27), b) los estudiantes aprecian la importancia de la ciencia y la investigación científica para la sociedad (4, 6, 8, 9, 12, 14, 18, 20, 21, 23, 25) y c) los estudiantes están involucrados en conductas reales de aprendizaje de la ciencia (13, 15, 17, 19, 24, 28), cada ítem es valorado mediante una escala Likert de 1 a 5, siendo (1) el valor asignado a menor acuerdo con las afirmaciones de cada ítem

y (5) el valor de total acuerdo, en el caso de los ítems 13 y 20 cuentan con una valoración invertida y la Escala de Actitudes hacia las Matemáticas (EAM) propuesta por Palacios, Arias y Arias (2014) para determinar la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas, distribuida en cuatro dimensiones; a) percepción de la incompetencia matemática (8, 10, 12, 16, 20, 21, 23, 25, 26, 29, 30, 31), b) gusto por las matemáticas (1, 2, 3, 6, 7, 9, 14, 15, 17, 18, 22, 28), c) percepción de la utilidad (4, 5, 13, 19) y d) autoconcepto matemático (11, 24, 27, 32), la valoración de cada ítem corresponde a un escala Likert de iguales características que la utilizada en el cuestionario anterior, los ítems 4, 5, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 28, 29, 30 y 31 contemplan medidas invertidas. Ambos cuestionarios se encuentran disponibles en el apartado de anexos, como Anexo 1 y 2 respectivamente.

Adicionalmente, se ha diseñado, *ad hoc* para este estudio, un cuestionario tipo *Knowledge and Prior Study Inventory* (KPSI, - propuesto originalmente por Young y Tamir, 1977), que tiene por finalidad la autovaloración, por parte de los escolares, de los aprendizajes conceptuales relacionados con los contenidos desarrollados durante el proyecto (ver Anexo 3). El cuestionario cuenta con 24 ítems distribuidos en cuatro dimensiones asociadas a cada una de las disciplinas que conforman STEM; a) Ciencias (1, 2, 3, 4, 5 y 6), b) Tecnología (7, 8, 9, 10, 11, y 12), c) Ingeniería (13, 14, 15, 16, 17 y 18) y d) Matemáticas (19, 20, 21, 22, 23 y 24). Se utiliza una escala Likert de 1 a 4, para valorar lo que el estudiante sabía antes (pre) y lo que considera que sabe ahora (post), siendo el valor (1) Sabía / No sé nada, (2) Sabía / Sé poco, (3) Lo sabía / Sé bien y (4) Lo sabía / sé muy bien, puedo explicarlo a otros. Este cuestionario no contempla ítems con medidas invertidas.

En la Tabla 1 se presentan las dimensiones de ambas escalas, el número de ítems por dimensión, los valores de Alpha de Cronbach obtenidos en su construcción y los obtenidos en esta investigación en la aplicación de pre y post test.

Tabla 1. *Fiabilidad de los instrumentos TDSAS (2011), EAM (2014) y KPSI.*

The Psychometric Evaluation of a Three-Dimension Elementary Science Attitude Survey.			
Dimensiones	Alpha de Cronbach (α)		
	Original	Pre-Test	Post-Tes
Los estudiantes están conectados afectivamente con las ciencias. (11)	0,88	0,90	0,87
Los estudiantes aprecian la importancia de la ciencia y la investigación científica para la sociedad. (11)	0,64	0,83	0,80
Los estudiantes están involucrados en conductas reales de aprendizaje de la ciencia. (6)	0,85	0,46	0,50
Instrumento completo (28)	0,91	0,92	0,92

Escala de Actitudes hacia las Matemáticas.			
Dimensiones	Alpha de Cronbach (α)		
	Original	Pre-Test	Post-Tes
Percepción de la incompetencia matemática. (12)	0,89	0,90	0,88
Gusto por las matemáticas. (12)	0,92	0,92	0,90
Percepción de la utilidad. (4)	0,68	0,36	0,71
Autoconcepto matemático (4)	0,68	0,48	0,71
Instrumento completo (32)	0,93	0,92	0,92

Autovaloración de los aprendizajes (KPSI)			
Dimensiones	Alpha de Cronbach (α)		
	Original	Pre-Test	Post-Tes
Ciencias. (6)	-	0,82	0,69
Tecnología. (6)	-	0,64	0,58
Ingeniería. (6)	-	0,75	0,70
Matemáticas. (6)	-	0,83	0,56
Instrumento completo (24)	-	0,92	0,87

Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en Zhang y Campbell (2011) y Palacios, Arias y Arias (2014) y los propios obtenidos de la aplicación de los instrumentos a la población.

Del Rincón y otros (1995) sugieren los siguientes valores para la interpretación del Alfa de Cronbach; a) bajo: < 0.66 , b) medio: entre 0.66 y 0.92 y c) alto: > 0.98 , mientras que Vianna (1983) citado en Del rincón y otros (1995, p68) señala que “una fiabilidad mínima de $0,70$ es considerada aceptable para la toma de decisiones”.

Se ha elaborado una encuesta de satisfacción *ad hoc* del programa (ver Anexo 4) con la finalidad de valorar la experiencia por parte de los participantes. La encuesta es de tipo mixto y cuenta con 17 preguntas de valoración con una escala del 1 al 10 (misma escala utilizada en el sistema de calificaciones) que se distribuyen en: a) organización (4), b) STEM + VR (4), c) actividades manipulativas/experienciales (4), d) materiales utilizados (3) y e) valoración

general (2). Adicionalmente, se incorporan preguntas abiertas dirigidas a conocer la valoración del estudiantado sobre el proyecto a modo general y recoger comentarios y/o sugerencias.

Por último, se ha diseñado una entrevista semiestructurada (ver Anexo 5) que recoge parte de los objetivos planteados y que permite caracterizar, en mayor profundidad, aspectos actitudinales de los estudiantes que participaron del proyecto por medio de la visión del profesor de las asignaturas científico-matemáticas del centro. La entrevista cuenta con cuatro dimensiones que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Dimensiones de la entrevista semiestructurada*

(1) Perfil profesional.	Se describe el perfil profesional del docente y la relación existente con los estudiantes.
(2) Utilidad de Tecnologías Emergentes en la Educación (TEE) y actividades basadas en un enfoque STEM.	Se busca trazar una panorámica sobre la utilidad que podría representar la inclusión de herramientas tecnológicas en la enseñanza, principalmente el uso de RVI en la enseñanza de materias científico-matemáticas y la realización de actividades manipulativas/experimentales que consideren un enfoque articulador de disciplinas (STEM).
(3) Actitudes hacia las ciencias y matemáticas.	Se pretende obtener una visión, por parte del profesor, respecto a la actitud, o el cambio de actitud, que manifiestan los estudiantes que participaron del proyecto hacia el aprendizaje de las ciencias y matemática.
(4) Relación actitudes – rendimiento.	Se busca determinar si la participación en el proyecto de RVI por parte del estudiantado ha tenido efectos positivos en la actitud hacia el aprendizaje de asignaturas científico-matemáticas.

Respecto a la obtención de datos cualitativos, se ha seguido la técnica de observación participante descrita por León y Montero (2015), registrando las sesiones mediante grabaciones de audio y las propias notas del investigador que han sido recogidas en un cuaderno de campo. No obstante, por limitaciones de tiempo y alcance de la presente investigación no se contempla el análisis de los datos registrados.

4.3. Propuesta Didáctica

Se ha diseñado una propuesta didáctica que articula el uso de la tecnología de RVI con actividades de tipo manipulativo/experiencial basadas en el trabajo colaborativo y que impliquen el uso de materiales tecnológicos, lo que permita maximizar los efectos en la mejora de las actitudes (Aguilera y Perales-Palacios, 2018). Asimismo, se ha considerado un enfoque STEM debido a su carácter integrador y articulador de las disciplinas, lo que fomenta la implicación del estudiantado en términos de motivación por el aprendizaje (Sanders, 2009).

Esta propuesta didáctica ha sido diseñada considerando los contenidos propuestos en el software de RVI “STEM + VR” de la Fundación 3M (ver Anexo 6) y los elementos curriculares establecidos en la legislación andaluza vigente (Decreto por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, 2016). (ver Anexo 7)

A partir de las experiencias propuestas en el Software “STEM + VR”, se han diseñado cuatro actividades complementarias de tipo manipulativas y experienciales (ver Anexo 8), basadas en la interacción del personaje “Pi”, a partir de diversas situaciones problemáticas, con la temática en común de un viaje espacial, que complementan la propuesta RVI, con la finalidad de abordar los distintos ámbitos de conocimiento STEM de una manera integrada (Sanders, 2009), y que dé cuenta de un aprendizaje basado en competencias científicas, tal como se señala en el Informe Español de los resultados de la prueba PISA. (OCDE, 2015). Las actividades que se proponen cuentan con una guía de trabajo cada una: a) Apollo 11 (RVI), b) Sistema Solar a escala real (ver Anexo 9), c) Experimento Acción – Reacción (ver Anexo 10) y d) Tropas Proporciones Galácticas (ver Anexo 11)

La propuesta didáctica contempla una distribución temporal de 4 sesiones semanales, de lunes a jueves, con una duración de 105 minutos cada una, las que se realizarán durante el horario de 17:00 a 18:45 horas. En cada sesión diaria se contempla la participación de dos grupos, los grupos se constituyen por tres estudiantes quienes tendrán una participación semanal, estableciendo una experiencia mínima de 420 minutos (7 horas). La propuesta tiene una duración total de 1.680 minutos, lo que implican 28 horas de trabajo durante un mes. El diseño de la propuesta considera la participación de 24 sujetos como máximo, distribuidos en ocho grupos. En la Tabla 3 se presenta la organización de las sesiones.

Tabla 3. *Distribución de las sesiones semanales en función de la disciplina STEM a trabajar*

Disciplina STEM	Experiencia RVI*	Actividades experienciales/manipulativas
Ciencias (S)	Software RVI (30') Refuerzo Académico (30')	Apollo 11 (45')
Tecnología (T)	Software RVI (30') Refuerzo Académico (30')	Sistema Solar a escala real (45')
Ingeniería (E)	Software RVI (30') Refuerzo Académico (30')	Experimento Acción-Reacción (45')
Matemáticas (M)	Software RVI (30') Refuerzo Académico (30')	Tropas Galácticas Proporciones (45')

* La experiencia RVI y el Refuerzo Académico se realizan de forma paralela, los grupos alternan su participación en cada una de ellas.

4.4. Procedimiento

Luego de establecer los lineamientos de trabajo, se confecciona un cronograma con las actividades asociadas al proyecto (ver Anexo 12). La primera de las actividades corresponde a una reunión, el día 20 de febrero del año en curso, con el director del centro seleccionado por reunir las características propuestas en la investigación. Se presenta el proyecto de investigación siendo aceptado por la dirección del centro y se establece la colaboración inmediata a través del profesor tutor de 1° de E.S.O. quien, a su vez, imparte las asignaturas de Ciencias y Matemáticas en 1° y 2° de E.S.O. Se mantiene una comunicación directa con el docente colaborador del centro, principalmente vía correo electrónico y/o reuniones breves de coordinación para atender a las necesidades que van apareciendo.

La aplicación inicial de los test TDSAS y EAM se realiza al conjunto de la población durante la primera semana de marzo, antes de la presentación del proyecto al estudiantado del centro con la finalidad de evitar posibles sesgos, y el responsable ha sido el docente colaborador debido al acceso al centro.

Se colocan carteles en el centro para invitar a los estudiantes de 1° y 2° de E.S.O. a participar del proyecto (ver Anexo 13), además se realiza una sesión informativa sobre el proyecto con todo el estudiantado de 1° y 2° de E.S.O. el miércoles 13 de marzo, en la que se presentan los aspectos más relevantes del proyecto y las condiciones de participación de este, entre ellas, el horario y duración de las sesiones, inscribiéndose a partir del mismo los estudiantes interesados con la intermediación del profesor del centro. (ver Anexo 14).

Una vez determinados participantes de la investigación, autorizados por el centro, se envía un informativo (ver Anexo 15) a los padres respecto del proyecto junto con un protocolo de consentimiento (ver Anexo 16), la recolección de las autorizaciones se realiza durante la primera semana del proyecto.

En coordinación con la dirección del centro, se establece un cronograma con la distribución de las sesiones del proyecto, el cual se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. *Distribución de las sesiones del proyecto.*

Mes: marzo 2019				
Semana 1	18	19	20	21
Ciencia (S)	Grupo A y B	Grupo C y D	Grupo E y F	Grupo G y H
Semana 2	25	26	27	28
Tecnología (T)	Grupo A y B	Grupo C y D	Grupo E y F	Grupo G y H
Mes: abril 2019				
Semana 3	01	02	03	04
Ingeniería (E)	Grupo A y B	Grupo C y D	Grupo E y F	Grupo G y H
Semana 4	08	09	10	11
Matemática (M)	Grupo A y B	Grupo C y D	Grupo E y F	Grupo G y H

A lo largo del desarrollo del proyecto los participantes iniciales, que corresponden a 21 estudiantes, se reducen a 17, los que han asistido a la totalidad de las sesiones. Durante la última sesión del proyecto se aplica una encuesta de satisfacción *ad-hoc* del programa a los participantes, siendo recolectadas en el acto.

Luego de finalizar las sesiones, el 29 de abril se realiza una ceremonia de cierre, celebración que se suele realizar dentro de los proyectos de “Aprendizaje Servicio” (Brandell y Hinck, 1997), en la que los estudiantes, que participaron de todas las sesiones del proyecto, son reconocidos con un diploma (ver Anexo 17) y un incentivo (cubo Rubik). En esta ceremonia participan el director del centro y el director de la investigación.

Finalmente, durante la primera semana de mayo, el docente colaborador del centro, aplica los cuestionarios TDSAS y EAM (post test) a la totalidad de la población y en circunstancias similares a la aplicación inicial. Además, durante la misma semana, el investigador realiza la aplicación del cuestionario KPSI a los participantes del proyecto, con la autorización del centro, durante el horario de clases, a grupos de 3 – 4 estudiantes en la biblioteca del centro. La recolección de los cuestionarios de actitudes (TDSAS Y EAM) se realiza *a posteriori*, mientras que el cuestionario KPSI se realiza *ipso facto*.

4.5. Tratamiento de los datos

Para el tratamiento cuantitativo de los datos se utiliza el SPSS v25 y STATA v15.1, mientras que para el análisis cualitativo se utiliza el MAXQDA v12.

Se realizan pruebas de fiabilidad a todos los instrumentos de corte cuantitativo mediante Alfa de Cronbach para los instrumentos y sus dimensiones. Se descartan los criterios de normalidad, se aplica W-Wilcoxon y se establecen puntuaciones Z asociadas a esta prueba. Con la finalidad de precisar en la efectividad del programa se realizan pruebas de Tamaño del Efecto (TE) utilizando la d de Cohen como medida referencial.

En cuanto al análisis de la encuesta de satisfacción (mixta), se realiza un análisis estadístico descriptivo de los indicadores cuantitativos y un análisis valorativo de los aspectos cualitativos, por medio del análisis de las respuestas de tipo abierta (ver Anexo 18) mediante una categorización mixta que se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. *Codificación de categorías de análisis para la Encuesta de Satisfacción.*

Categoría	Sub Categorías
(1) Implementación de la Propuesta Didáctica	a) Organización b) Horario del Proyecto c) Duración del Proyecto d) Cantidad de participantes
(2) Utilidad de Tecnologías Emergentes en la Educación (TEE)	a) Gafas de Realidad Virtual Inmersiva (RVI) b) STEM + VR c) Consola PlayStation d) Realidad Virtual
(3) Valoración de las actividades propuestas basadas en un enfoque STEM	a) Apollo 11 b) Sistema Solar a Escala c) Experimento acción-reacción (globos) d) Tropas Proporcionales Galácticas e) Trabajo colaborativo
(4) Elementos Sociales y Personales	a) Compartir con los amigos b) Diversión c) Jugar

Finalmente, respecto del tratamiento de datos cualitativos se realiza por medio una categorización mixta, basada es aspectos teóricos (deductiva) y categorías emergentes (inductivas) a la transcripción de la entrevista semiestructurada realizada al docente colaborador del centro (ver Anexo 19). Las categorías de análisis de la entrevista al profesorado se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. *Codificación de categorías de análisis para la Entrevista al profesorado.*

Categoría	Sub Categorías
(1) Perfil profesional.	<ul style="list-style-type: none"> a) Datos personales b) Trayectoria profesional c) Asignaturas que imparte d) Relación con los participantes
(2) Implementación de la Propuesta Didáctica.	<ul style="list-style-type: none"> a) Organización b) Horario del Proyecto c) Valoración del Proyecto d) Cantidad de participantes
(3) Utilidad de Tecnologías Emergentes en la Educación (TEE) y actividades basadas en un enfoque STEM.	<ul style="list-style-type: none"> a) Realidad Virtual b) Realidad Aumentada b) Tecnologías en Educación c) Enfoque STEM de enseñanza d) Rol del profesorado e) Actividades experienciales / manipulativas
(4) Actitudes de los participantes hacia las Ciencias y Matemáticas.	<ul style="list-style-type: none"> a) Percepción del estudiantado sobre el proyecto. b) Disposición o actitud en sus clases. c) Cambios positivos de actitud en clases. d) Mayor participación en clases. e) Opinión de los participantes sobre el proyecto. f) Relación Actitudes - Rendimiento
(6) Contextos educativos de exclusión social.	<ul style="list-style-type: none"> a) Relaciones personales entre el estudiantado. b) Diferencias sociales. c) Brecha sociocultural. d) Recursos tecnológicos y/o económicos. e) Características del Centro.

5. Resultados y Discusión

5.1. Actitud hacia Ciencias y Matemáticas

En este apartado presentamos los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los cuestionarios TDSAS y EAM, para medir las actitudes hacia las ciencias y matemáticas respectivamente. Se presentan los datos obtenidos en la medición previa a la intervención (N= 37), lo que permite trazar una panorámica respecto de las actitudes hacia las estas asignaturas por parte de los estudiantes de 1° y 2° de E.S.O. del centro. (Figuras 1 y 2)

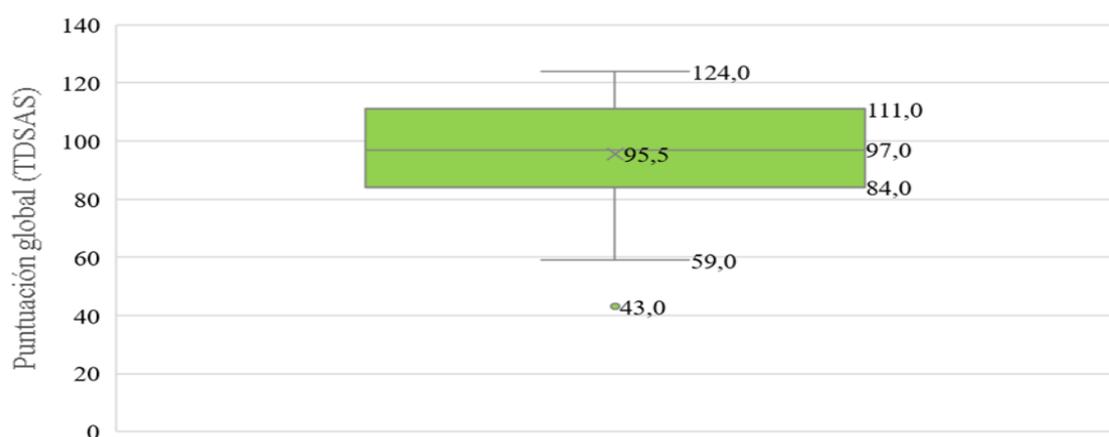


Figura 1. Puntuaciones iniciales del total de la población para el cuestionario TDSAS.

Los resultados de la aplicación del cuestionario TDSAS (pretest) indican un rango de puntuaciones entre los 59 puntos (sobre 140) como límite inferior y los 124 puntos como límite superior; se observa la existencia de un valor atípico (43 puntos). La media se encuentra en los 95,5 puntos del cuestionario de actitudes hacia la Ciencia y el rango intercuartílico (RIC) se establece entre los 84 y 111 puntos, lo que indica que el 50% de los estudiantes de 1° y 2° de E.S.O. del centro, obtienen puntuaciones dentro de dicho rango.

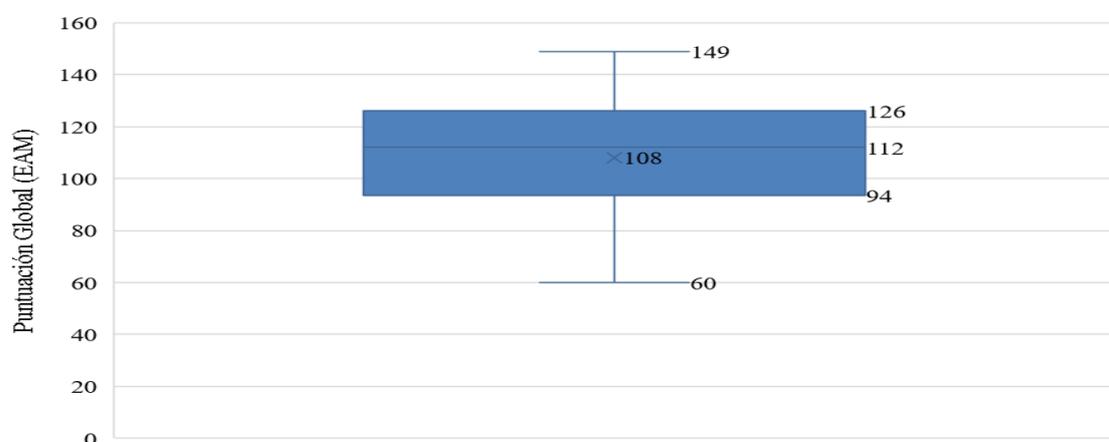


Figura 2. Puntuaciones iniciales del total de la población para el cuestionario EAM.

Con relación a los resultados del cuestionario EAM (pretest) se establece un rango de puntuaciones entre los 60 puntos (sobre 160) como límite inferior y los 149 puntos como límite superior. La media se encuentra en los 108 puntos del cuestionario y el rango intercuartílico (RIC) se establece entre los 94 y 126 puntos, es decir, el 50% de la población se encuentra en dicho rango.

Considerando los posibles efectos de la intervención didáctica en las actitudes hacia las Ciencias de los participantes del proyecto (N= 17), en la Figura 3 se presentan los resultados medios desgregados por dimensiones, del pre y post test de Ciencias.

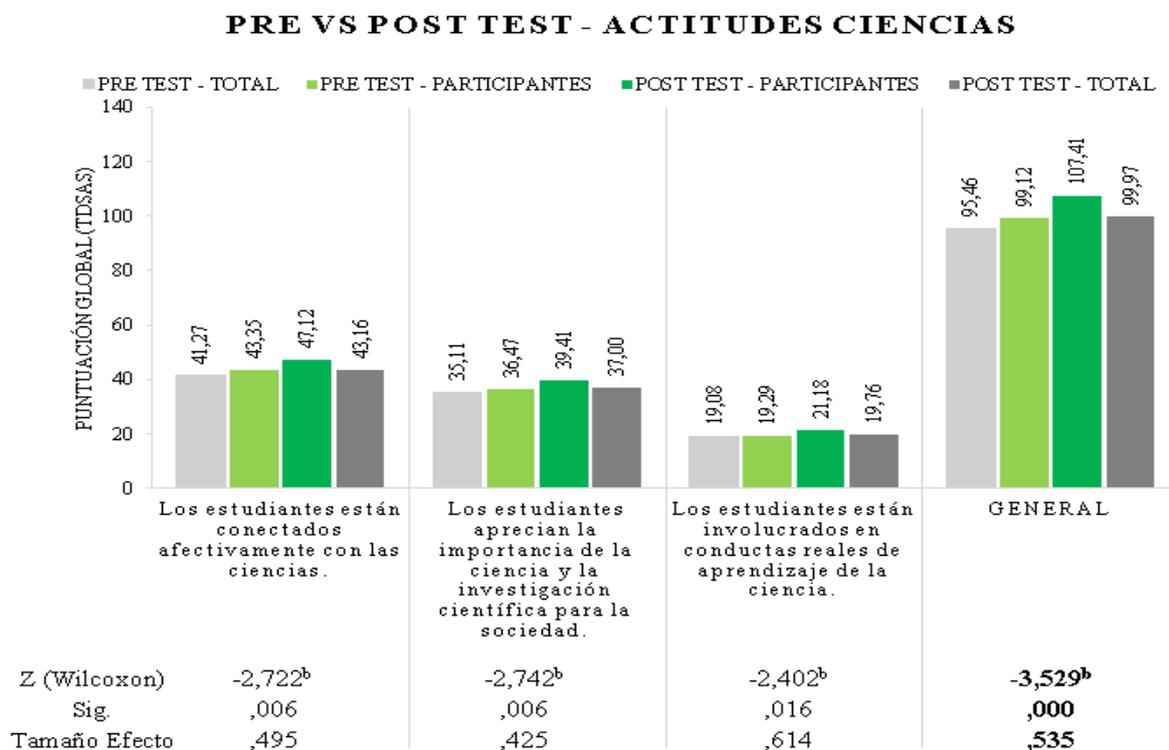


Figura 3. Resultados del cuestionario EAM agrupados por dimensiones. Cohen (1988) establece valores de interpretación; bajo < 0,2, medio entre 0,2 y 0,5 y alto > 0,8.

Se observa la existencia de variaciones positivas en todas las dimensiones del cuestionario (+3,7; +2,94 y +1,98) respectivamente, siendo estas de carácter significativo (p= ,006; ,006 y ,016) y con una valoración del tamaño del efecto medio-alto (TE= ,495; ,425 y ,614). En cuanto a las actitudes hacia las ciencias de forma general, se registran variaciones positivas (+8,29), de carácter estadísticamente significativo (p= ,000) y, además, se evidencia la efectividad del programa en un rango medio (TE= ,535).

En cuanto al test de actitudes hacia las Matemáticas (N= 17) se presentan los resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario EAM a los participantes. (Figura 4).

PRE VS POST TEST - ACTITUDES MATEMÁTICA

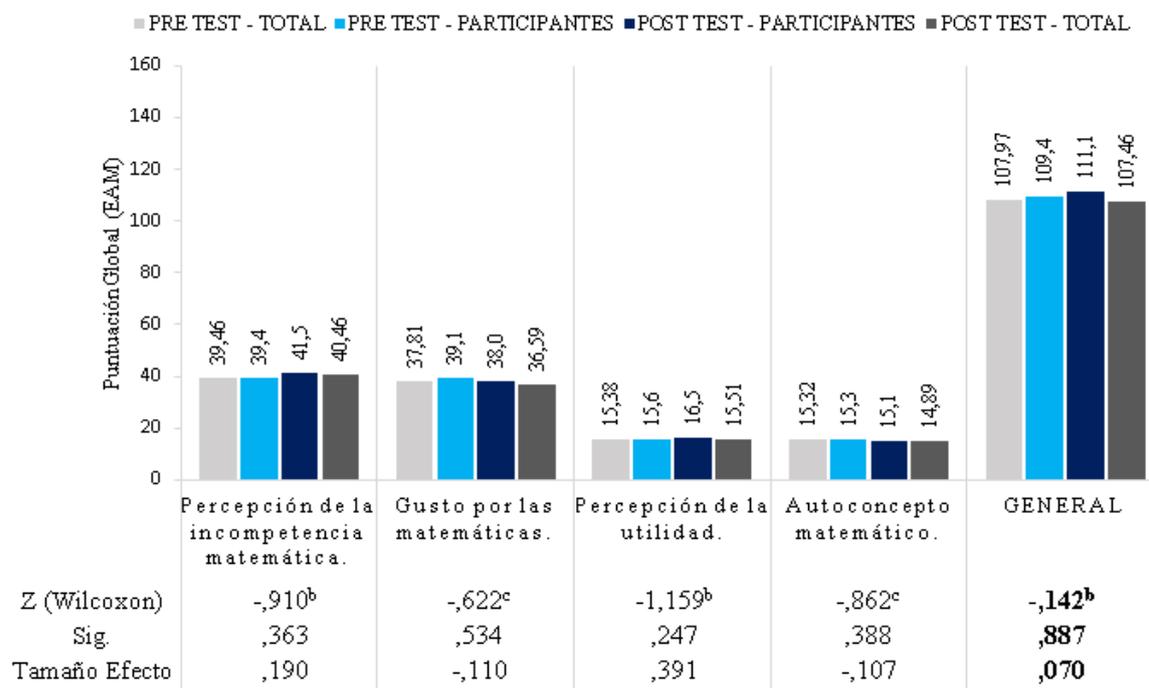


Figura 4. Resultados del cuestionario EAM agrupados por dimensiones.

En cuanto a las actitudes hacia las matemáticas, las dimensiones “incompetencia matemática” y “percepción de la utilidad” muestran puntuaciones que reflejan mejoría (+2,1 y +0,9 respectivamente). Sin embargo, dichas diferencias no son estadísticamente significativas ($p= ,363$ y $,247$) indicando los valores del tamaño del efecto que tampoco se puede asegurar la efectividad de la intervención en lo que respecta a estas dimensiones ($TE= ,190$ y $,391$). En cuanto a las otras dimensiones, los resultados van en la misma línea, arrojando incluso diferencias negativas.

Cuando se realiza una valoración general de las actitudes hacia las matemáticas, se observa una leve variación positiva (+1,7) la que no logra alcanzar un carácter estadísticamente significativo ($p= ,887$) y que, según la clasificación de Cohen, no logra asegurar la efectividad de la intervención ($TE= ,070$).

Al normalizar las puntuaciones de ambos cuestionarios, teniendo en consideración que no corresponden al mismo instrumento y por tanto se trata de una aproximación tentativa, se observa que, aun cuando existe mayor dispersión en los valores obtenidos en el test de actitud hacia las ciencias con relación al de actitud hacia las matemáticas, la puntuación obtenida en actitud hacia las ciencias en pre test (0,708) es mayor a la obtenida en el pre test de actitud hacia las matemáticas (0,683); la misma situación ocurre en el post tes de ambos instrumentos, donde

la actitud hacia las ciencias (0,767) registra mayor puntuación que la actitud hacia las matemáticas (0,694).

Adicionalmente, se ha considerado un estudio correlacional entre las puntuaciones de ciencias y matemáticas del pre y post test de los participantes, sin embargo, no ha sido concluyente (Figura 6), indicando que a priori la actitud hacia las ciencias y las matemáticas muestran un comportamiento independiente.

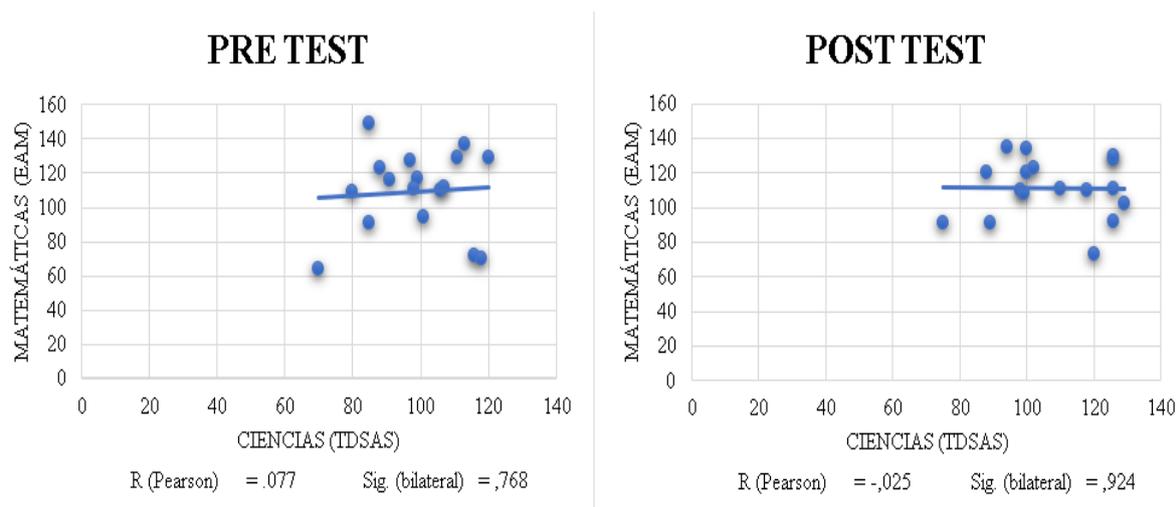


Figura 6. Correlaciones entre las puntuaciones del pre y post test de Ciencias y Matemáticas.

Los resultados indican la existencia de variaciones significativas, junto con un tamaño del efecto (TE) medio, en las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias ($p= ,000$; $TE= ,535$), no así en el ámbito de las matemáticas ($p= ,887$; $TE= ,070$), creemos que esta situación se encuentra asociada a la ansiedad que genera en el estudiantado enfrentarse a las matemáticas (Akin y Kurbanoglu, 2011; Chinn, 2012), mientras que la percepción de las Ciencias se centra más en la de experiencias científicas (p. ej. experimentos) lo que motiva al estudiantado hacia el aprendizaje de las ciencias (Cremin, Glauert, Craft, Compton, y Stylianidou, 2015). No obstante, se podría atribuir las variaciones en ambas disciplinas al desarrollo de actividades manipulativas-experienciales basadas en un enfoque STEM debido a que facilitan la conexión entre el conocimiento científico con experiencias reales de aprendizaje (Martin et al., 2019; McDonald, 2016; Sevia, Dori y Parchmann, 2018), ya sea en entornos virtuales como reales.

5.2. Auto percepción de los aprendizajes

En cuanto a la autovaloración de los aprendizajes relacionados con los contenidos trabajados en la intervención ($N= 16$), en la Figura 5 se presentan los resultados agrupados en las dimensiones STEM y la totalidad del instrumento. (Figura 7).

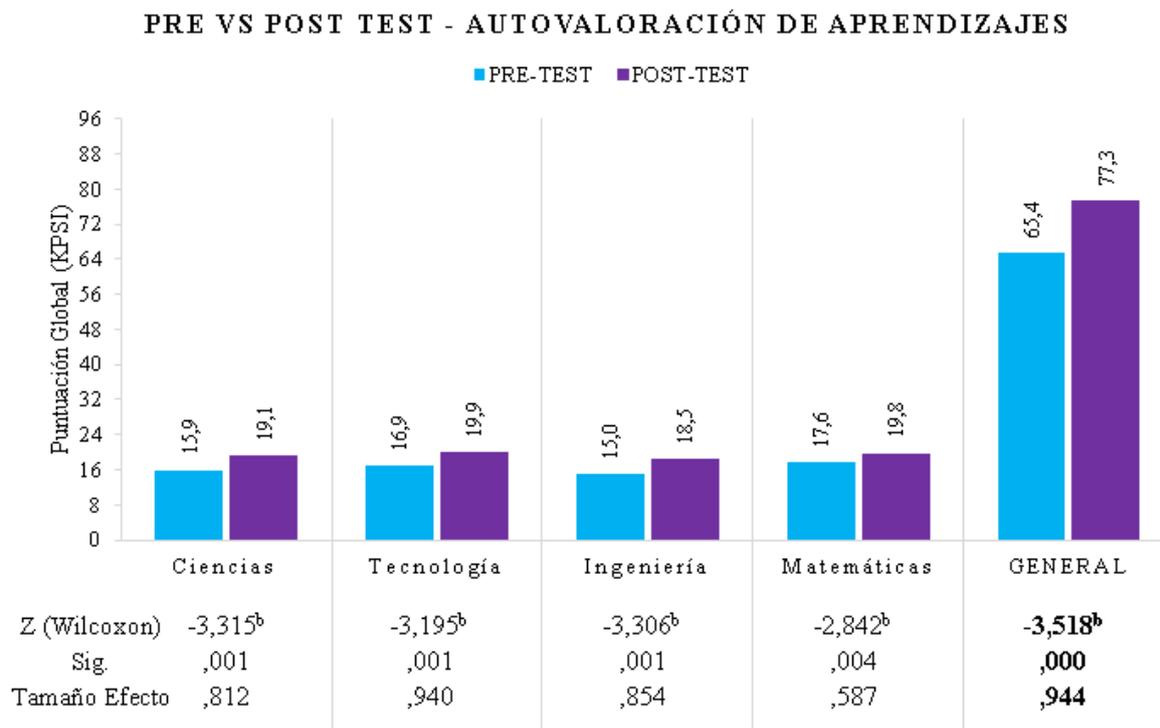


Figura 7. Resultados del test KPSI agrupados por dimensiones.

Se observa la presencia de variaciones positivas en todas las dimensiones del instrumento. En términos generales (+11,9) entre medidas, siendo estadísticamente significativas ($p = ,000$) junto con un tamaño del efecto alto ($TE = ,944$).

Los mejores resultados se obtienen en Ingeniería (+3,5) con variaciones significativas ($p = ,001$; $TE = ,854$), resultados intermedios en Ciencias y Tecnología (+3,2 y +3) respectivamente, ambas significativas ($p = ,001$; $TE = ,812$ y $p = ,001$; $TE = ,940$). Mientras que Matemáticas registra la menor variación (+2,2) siendo estadísticamente significativa ($p = ,004$; $TE = ,587$).

En otras investigaciones en las que se ha utilizado el cuestionario KPSI (Miño, Abril y Rodríguez, 2013) se destaca el uso de este tipo de instrumentos porque permite conocer, en dos momentos, lo que los estudiantes creían saber y lo que actualmente conocen. En este sentido, consideramos que la autovaloración del estudiantado ha sido positiva, lo que se refleja en los resultados descritos.

5.3. Satisfacción del programa por parte del estudiantado

En lo referido a la satisfacción del proyecto implementado en el centro por parte de los participantes ($N = 15$), se presentan aquí los resultados tanto de la dimensión cuantitativa (Figura 8) como aquellos de carácter cualitativo (Tabla 7).

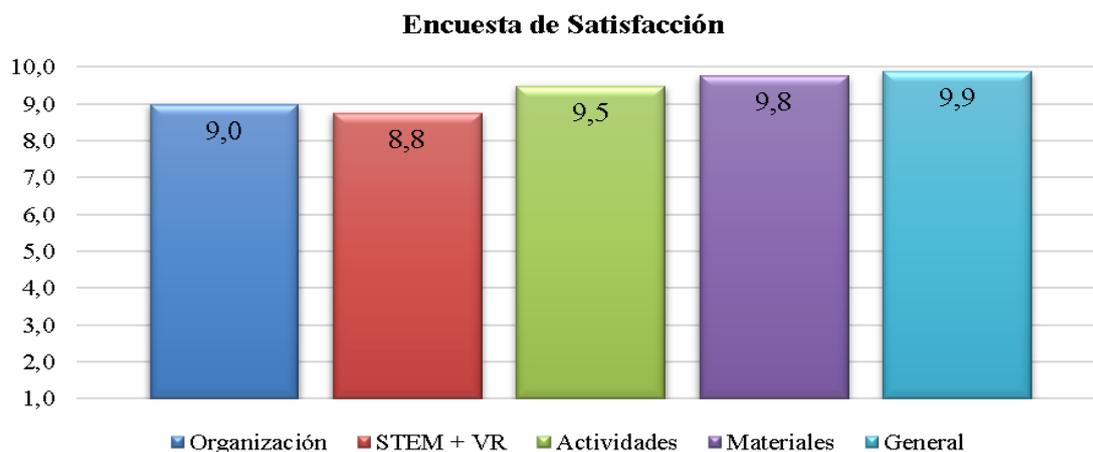


Figura 8. Resultados presentados en una escala sobre 10 puntos, misma escala utilizada en el sistema de calificaciones de España.

Sobre la valoración realizada al proyecto es posible observar que la dimensión con mejor evaluación corresponde a los aspectos generales del proyecto (9,9 sobre 10), es decir, la valoración a la intervención por parte del responsable del proyecto (investigador) y el proyecto de forma global. Se observa que la dimensión menor valorada, aun cuando su puntuación es muy alta, corresponda al uso del Software de RVI (8,8 sobre 10), mientras que las actividades manipulativas – experienciales, donde se realiza mayor trabajo escolar, posee una valoración cercana al 10 (9,5). Asimismo, existe una alta valoración al uso de tecnologías emergentes y materiales manipulativos (9,8).

En relación con los aspectos cualitativos de la encuesta de satisfacción, los estudiantes responden al apartado cualitativo de forma escueta y sin ningún tipo de argumentación, por lo que el nivel de análisis no alcanza la profundidad deseada. En la Tabla 7 se agrupa el análisis de las encuestas en tablas de frecuencia de categorías y subcategorías establecidas.

Tabla 7. Resultados del análisis de la Encuesta de Satisfacción.

	Propuesta Didáctica (1)				Utilidad TEE (2)				Actividades STEM (3)					Elementos Sociales (4)		
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e	a	b	c
	Frecuencia Subcategoría	5	0	3	1	8	6	3	7	1	2	5	4	2	4	7
Frecuencia Categoría	9				24				14					15		

Se observa que la categoría Utilidad de las TEE (2) ha sido la que ha tenido una mayor frecuencia, que responde también a una positiva valoración. Los estudiantes manifiestan, de forma general, que uno de los aspectos más positivos del proyecto realizado ha sido el uso de

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

RVI. Al ser consultado por los dos aspectos que más le gustaron del proyecto encontramos algunas de las siguientes respuestas; *“La PS4”* y *“VR (Realidad Virtual)”* (R. F., chico, 1° E.S.O.), *“Las gafas de Realidad Virtual...”* (M. L., chica, 1° E.S.O.), *“Las gafas y el experimento de globo.”* (W.B., chica, 2° E.S.O.)

En cuanto a la valoración de las Actividades STEM (2) los estudiantes destacan positivamente la realización de este tipo de actividades, consideramos que esta situación se debe, en parte, al contexto informal en el que se desarrollan y la interacción con sus compañeros en el desarrollo de actividades desafiantes. Dentro de las opiniones de los estudiantes destacan las siguientes; *“Las gafas y el experimento de globo.”* (W.B., chica, 2° E.S.O.), *“Apollo 11”* y *“El globo”,* (H.A., chica, 1° E.S.O.), *“Las Tropas Proporciones Galácticas”* (R.C., chico, 1° E.S.O.), *“Las gafas de Realidad Virtual y el experimento “acción-reacción”* (M.L., chica, 1° E.S.O.)

Respecto de la Propuesta Didáctica (1), los estudiantes han realizado una menor cantidad de comentarios, creemos que esta situación se debe, principalmente, porque sus opiniones han sido recogidas en el apartado cuantitativo, donde la han valorado con una nota media de 9,9 (sobre 10). Dentro de las opiniones de los estudiantes en esta categoría, destacan las siguientes; *“Es increíble y los monitores son excelentes”* (R. F., chico, 1° E.S.O.), *“Que lo hagamos más veces”* (S. M., chica, 2° E.S.O.), *“Me gustaría que hubiese más proyectos”* (J. A., chica, 1° E.S.O.). Asimismo, frente a la pregunta si *“¿Participarías de nuevo en una continuación del proyecto?”*, el 100% de los encuestados afirma que volvería a participar.

Además, los estudiantes dan cuenta de la necesidad de contar con espacios de esparcimiento, en los que puedan desarrollar actividades académicas, a la vez que se divierten. Otro aspecto relevante es la importancia, que tiene para ellos, el desarrollar actividades mediante el juego. Estas opiniones, de los estudiantes, han sido categorizadas como Elementos Sociales (4), en la que los estudiantes valoran positivamente el espacio de interacción con sus pares, siendo la segunda categoría con mayor representación. Entre los aspectos más valorados, destacan; *“Nos divertimos y aprendemos a la vez”* (J. A., chica, 1° E.S.O.), *“Estar con la Play y jugar a esos juegos y estar con los amigos”* (R. G., chica, 1° E.S.O.), *“Me ha gustado poder probar diferentes cosas y participar con mi compañera Meriem”* (K. T., chica, 1° E.S.O.).

Finalmente, al ser consultados por los aspectos que menos le han gustado del proyecto, los estudiantes señalaron aspectos propios del software de RVI, principalmente asociados al audio y al personaje Pi; *“La participación de Pi (porque no lo entiendo)”* (W.B., chica, 2°

E.S.O.), “El muñeco Pi, porque es muy pesado y que yo tengo miopía y no puedo ver bien – con las gafas RVI –” (R. G., chica, 1º E.S.O.), “El audio – del software de RVI –” (A. M., chica, 1º E.S.O.), “El audio de los juegos” (J. A., chica, 1º E.S.O.), “La explicación de Pi, ya que no vocaliza” (M.L., chica, 1º E.S.O.).

5.4. Opinión del profesorado

Se presentan los resultados obtenidos al analizar la entrevista al profesor de Ciencias y Matemáticas de 1º y 2º de E.S.O. de los estudiantes participantes del centro (N= 1). Para la categorización de los datos se han utilizado las categorías definidas en el apartado de instrumentos (4.2), para el análisis se han utilizado claves visuales (colores), los que se detallan; a) Perfil Profesional (1): verde, b) Implementación P. D. (2): morado, c) Utilidad TEE y el enfoque STEM (3): azul, d) Actividades Cs. Y Mat. (4): rojo y e) Contextos E.S. (5): gris. Se ha registrado un retrato del documento, según su categorización, el que se encuentra disponible en anexos (ver Anexo 20) y que da cuenta de la presencia de las categorías en la entrevista. En cuanto al peso de cada categoría encontrada, estos se presentan en la Figura 9.

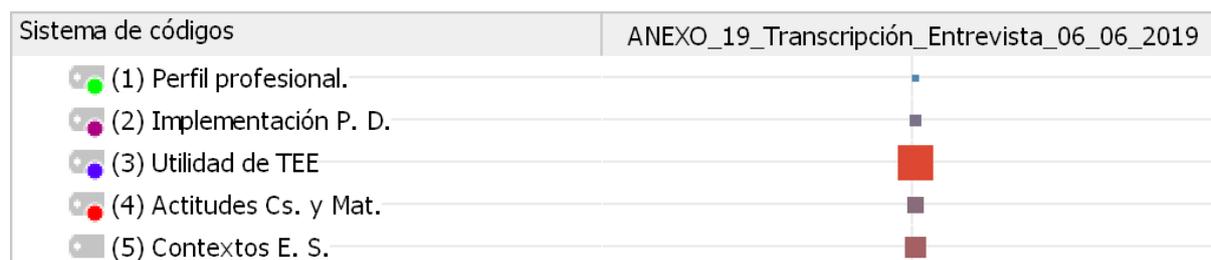


Figura 9. Relación del peso de las categorías en función de la frecuencia de registro, obtenido con el software MAXQDA v.12.

Se aprecia la importancia que ha tenido la Utilidad de las TEE y el enfoque STEM (1) para el profesor del centro a lo largo de su discurso en la entrevista realizada, lo que da cuenta de la valoración positiva que ha tenido el uso de este tipo de tecnologías (RVI). Esta valoración se manifiesta en opiniones como: “Sí bueno, ha sido útil en tener como un despertar, haría falta más dosis... Con más contenidos... claro que sí, pues... más gafas, que llegará más... entonces... ehh... pues es lo que te digo, no vamos a hacer tan ilusos y decir... j**** tío (sic), está..., bueno, es una herramienta poderosa y ha ilusionado y en su dosis justa... y cada vez profundamente más... podría llegar a... pienso yo, podría llegar a hacer el efecto que tiene que hacer... de momento yo me quedo con que ha sido como un despertar...”.

Sin embargo, para el profesor aún no está claro, en los currículos de enseñanza, cómo utilizar este tipo de tecnologías: “que ocupe el lugar que tiene que ocupar, yo creo que ahora no lo tiene, ahora mismo es una cosa motivadora y tiene que ocupar el sitio que tiene que

ocupar...”. En ese sentido señala que existe una necesidad, y demanda, por parte del estudiantado respecto de la inclusión de las nuevas tecnologías en la enseñanza: “...entonces, sí los niños perciben, es verdad, es que hay un desfase grandísimo, los niños están mucho más adelantados, todos controlan los móviles, todo es digital, todo va por ahí, de cierta manera, la sociedad como que les está diciendo... se educa así, pero vienes aquí y yo te sigo dando la misma ficha que me dieron a mí hace 15 años...”. Por cuanto, urge la incorporación efectiva de la tecnología en la educación; “Claro, ese salto... o sea, cómo es que... que llegue la tecnología de verdad la educación, pero a la enésima potencia, no tener un PC, si no que sacarle sentido a esto...” y agrega: “Es que no puede ser que sigamos dando materiales del siglo XIX en el siglo XXI tío...”.

Otro de los aspectos que nos llama poderosamente la atención es la importancia que tiene, para el maestro, los Contextos Educativos de Exclusión Social (5), esto se debe, principalmente a la larga trayectoria profesional del profesor en este tipo de contextos (más de 20 años), por lo que para él, este tipo de tecnología se constituye en un “arma de doble filo”: *“Pero a mí me da un poco de miedo y en el sentido de que puede ser un elemento diferenciador, aún más, entre las personas, nosotros estamos en un contexto un poco deprimido, barrios populares que llamamos, entonces a mí me da un poco de miedo que esta tecnología acabe siendo como exclusivo o abunde más en otros contextos y ahonde las diferencias en el sistema educativo que queremos hacer, igualitario...”* y puntualiza que existen, y siguen existiendo, diferencias sociales en los contextos educativos: *“dónde por tener más medios pues tenga más acceso, más recursos y entonces la brecha se ahonde. ese es el miedo que me da a mí de esto”*. Sin embargo, el profesor comprende el impacto que genera el uso de este tipo de tecnologías: *“claro... no estaría bien que esto fuese una herramienta que ahondase más esas diferencias, Pero que la veo positivísima...”* y señala que es necesario que se utilice, especialmente, en contextos desfavorecidos: *“entonces no me gustaría que esto fuese una herramienta que marcara todavía más diferencias, debería usarse más en estos contextos para posibilitar a esta gente tener las mismas herramientas o mejor”* y luego añade: *“eh, aquí es donde tiene que estar... aquí es donde hay que poner la carne en el asador, porque si queremos una sociedad... así más justa, tiene que partir de una acción igualitaria...”*.

Finalmente, respecto de la utilidad específica de la RVI, para el profesor no hay dudas al respecto: *“... no es lo mismo ver o estudiar una célula en una foto, en blanco y negro, en una ficha repetitiva... que meterte en una célula y decir oye esto es esto y vale para esto, y oye mira lo que está fabricando, mira cómo funciona”*. El impacto que tiene la RVI en la enseñanza de

las Ciencias, para el profesor, es potentísimo: *“oye y es verdad, cuando la ciencia pasa del libro a la realidad... pues la ciencia se multiplica por 1.000...”*.

Respecto a las relaciones entre categorías (Figura 10), nuevamente encontramos que la presencia de la Utilidad de las TEE y el enfoque STEM predomina en la entrevista.

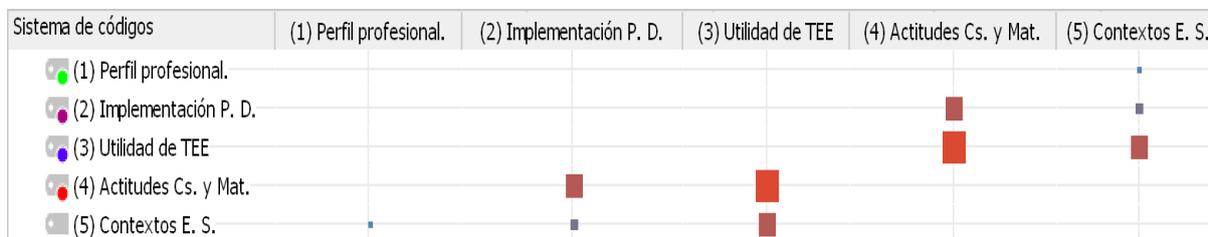


Figura 10. Cuadro de relación de categorías obtenido desde el software MAXQDA v.12.

Respecto de las relaciones entre categorías se observa que, como ha sido la premisa de esta investigación, existe una estrecha relación entre las Actitudes hacia las Ciencias y Matemáticas (4) y la Utilidad de las TEE y el enfoque STEM. Esta situación se da, principalmente, por el diseño de la propuesta, basado en actividades con un enfoque STEM, que articulan la experiencia. Para el profesor del centro y los estudiantes, a partir de la visión del profesor, la propuesta ha sido motivante: *“los niños estaban motivados, me comentaban por la mañana: oye, pues qué chulo esto... pues qué chulo esto otro...”*, destacando, entre otros aspectos, las actividades de tipo manipulativo – experiencial, las que, como señala el profesor, han sido un “despertar” en algunos de sus estudiantes: *“...está alumna de segundo que me ha venido, porque era una alumna que yo... vamos, por no decir que se le dan mal las ciencias, voy a decir que está especialmente enfocada en la asignatura de letras, y oye... y vino muy entusiasmada porque con la bolita, no... está qué hicisteis ... midiendo velocidades y movimiento...”*. Aunque, como hemos apreciado a lo largo de la investigación, para el profesor el impacto en las actitudes no ha sido por igual en todas las asignaturas: *“...más en algunas que otras, por ejemplo, en Ciencias a lo mejor sí... porque dio la casualidad, fíjate tú que después de la célula vimos las células procariotas, eucariotas, y ahí si había mayor interés..., luego en las mates... pues ya no sé... no soy tan consciente... porque va por el lado de la geometría, porque claro otra cosa es hacer ecuaciones y cosas así no sé, pero bueno... pero ya te lo digo...”*. Esta aseveración se alinea con los resultados de la investigación, donde ha habido mejora en la actitud hacia las ciencias, pero no así en lo que respecta hacia las matemáticas.

Finalmente, la realización de este proyecto, para el profesor, ha sido una experiencia muy positiva: *“A mí me ha parecido un proyecto muy interesante y positivo, creo que ha sido una actividad que ha complementado muy bien con lo que es la oferta educativa que propone*

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

el centro, creo que ha salido relativamente bien” y luego concluye: “yo, si los alumnos se pueden beneficiar de algo que yo, en principio, no podía darles y que podemos en plan simbiótico... pues yo estoy encantado, porque no está vale yo creo que les vale y con que le motive les guste, ya creo que es suficiente...”

6. Conclusiones, limitaciones e investigaciones futuras

En este capítulo se presentan las conclusiones a las que se ha llegado una vez finalizada la investigación y analizados los datos obtenidos a partir de la implementación del proyecto. Se busca dar respuesta a los objetivos planteados y se presentarán las limitaciones y posibles líneas de investigación a futuro.

En relación a los objetivos (a y b), se puede afirmar que se ha diseñado una propuesta didáctica con actividades manipulativas-experienciales y de RVI que articula las disciplinas STEM basada en cuatro experiencias de aprendizaje relacionadas entre sí. Esta propuesta didáctica ha sido implementada a estudiantes de 1° y 2° de E.S.O. en un centro educativo situado en una zona de severa exclusión social.

En cuanto al objetivo (c), concluimos que, en cuanto a las actitudes hacia las ciencias, la intervención ha tenido un impacto positivo en las actitudes de los participantes, mientras en lo referente a las actitudes hacia las matemáticas, no se ha contado con tal efectividad.

Con relación al objetivo (d), hemos concluido que, en general, los estudiantes manifiestan mejorías importantes en el conocimiento de contenidos específicos trabajados en la propuesta didáctica. Asimismo, existe evidencia empírica que nos permite asegurar la efectividad de la propuesta con relación a los contenidos desarrollados en ella. Si bien, se trata de una autovaloración, los estudiantes, en su mayoría, consideran haber aprendido los contenidos propuestos.

En lo referido al objetivo (e), el estudiantado valora positivamente la incorporación de este tipo de tecnologías, no obstante, la valoración que se realiza a las actividades en entornos colaborativos, basadas en experiencias que contemplan el uso de elementos manipulativos, es mayor que el propio uso de herramientas tecnológicas, lo que nos invita a reflexionar si la incorporación de nuevas tecnologías tendrá la capacidad de posicionarse por sobre las metodologías activas de enseñanza o será el docente quien deberá buscar la forma de complementarlas.

Finalmente, respecto del objetivo (f), creemos que la propuesta en sí ha sido beneficiosa tanto para el estudiantado como para el profesorado, en ese sentido, podemos concluir que uno de sus puntos fuertes corresponde a la dimensión motivacional que logra mantener una fidelidad durante la realización del programa. Asimismo, complementar la experiencia de RVI con actividades manipulativas y/o experienciales ha sido bien recibido por el estudiantado, lo que nos permite precisar en la utilidad de esta interacción.

Frente a la decisión de implementar la propuesta en un contexto de severa exclusión social, entendemos que la participación en actividades fuera del horario regular, y más aún en estos contextos, podría implicar una menor participación por parte del estudiantado. No obstante, hemos sido testigo de la participación y fidelidad de los participantes, lo cual nos ha permitido recoger las opiniones de un estudiantado que, muchas veces, es ajeno a este tipo de experiencias, por lo que consideramos que ha sido una experiencia positiva en dicho sentido.

En lo referente a las limitaciones de este estudio, podemos mencionar que el número de participantes de la propuesta es relativamente bajo, por lo que la inclusión de más gafas de RVI y una adecuada organización permitirían aumentar la cobertura. Asimismo, consideramos que existe la falta de un grupo de control adecuado, que sea equivalente a los participantes.

A raíz de estas observaciones, se desprenden posibles líneas de investigación a futuro: a) avanzar hacia una **mayor integración de las diferentes disciplinas STEM** al amparo de **situaciones problemáticas que den sentido a lo que realiza el estudiante**, creando situaciones de indagación escolar y b) avanzar hacia una **mayor integración de lo virtual con lo manipulativo y físico** (que lo virtual nos lleve a realizar acciones-actividades en lo "físico", y este a su vez en lo virtual).

Referencias

- Amber, D. y Martos, M. (2017). Ámbitos y funciones de los orientadores para la mejora educativa en secundaria en contextos retantes, una mirada cruzada entre orientadores y directivos. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 21(4), 419-437.
- Aguilera, D., y Perales-Palacios, F. J. (2018). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-018-9702-2
- Akin, A., y Kurbanoglu, N. (2011). The relationships between math anxiety, math attitude and self-efficacy: A structural equation model. *Studia Psychologica*, 53(3), 263-273.
- Aubert, A., Flecha, A., García, C., Flecha, R. y Racionero, S. (2008). *Aprendizaje Dialógico en la Sociedad de la información*. Barcelona: Hipatia.
- Brandell, M. E. y Hinck, S. (1997). Service learning: Connecting citizenship with the classroom. *NASSP Bulletin*, 81(591), 49–56.
- Bybee, R. y McCrae, B. (2011). Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7–26. doi:10.1080/09500693.2010.518644
- Bybee, R. W. (2013). *The case of STEM education: Challenges and Opportunities*. Washington DC, United States of America: National Science Teachers Association.
- Cabero, J. (Coord.). (2015). *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- Cardona Moltó, M. C. (2002). *Introducción a los métodos de investigación en educación*. Madrid, EOS
- Chinn, S. (2012). Beliefs, Anxiety, and Avoiding Failure in Mathematics. *Child Development Research*, 2012, 1–8. doi:10.1155/2012/396071
- Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., y Riva, G. (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*, 9. doi:10.3389/fpsyg.2018.02086
- Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) (2011). *Informe Enciende*.

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates.

Cremin, T., Glauert, E., Craft, A., Compton, A., & Stylianidou, F. (2015). Creative Little Scientists: exploring pedagogical synergies between inquiry-based and creative approaches in Early Years science. *Education 3-13*, 43(4), 404–419. doi:10.1080/03004279.2015.1020655

Galafat-Hurtado, A., Rute-Vega, N., Aguaded-Ramírez, E. y Carrillo-Rosúa, J. (2016). Validación de un registro de observación, para analizar interacciones de éxito, en un grupo interactivo en Comunidades de Aprendizaje. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía (REOP)*, 27(1), 83-98. doi: <http://dx.doi.org/10.5944/reop.vol.27.num.1.2016.17009>.

Gwee, H. N. (2014). Effects of virtual-reality elements on spatial visualization skills of secondary three students in Singapore. En Y. Cai, *3D immersive and interactive learning* (pp. 45-57). Singapur: Springer. doi:10.1007/978-981-4021-90-6

Decreto por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía (2016). *Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía*. (Publicado en BOJA nº 122 de 28 de junio de 2016). Recuperado de: <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/122/BOJA16-122-00223.pdf>

Flecha, R., y Puigvert, L. (2002). Las comunidades de aprendizaje: Una apuesta por la igualdad educativa. *REXE: Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 1(1), 11-20.

Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., y Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K–12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.

Gorard, S., y See, B. H. (2009). The impact of socio-economic status on participation and attainment in science. *Studies in Science Education*, 45(1), 93–129. doi:10.1080/03057260802681821

Jiménez Ramírez, M. (2008). Aproximación teórica de la exclusión social: complejidad e imprecisión del término. Consecuencias para el ámbito educativo. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 34(1). doi:10.4067/s0718-07052008000100010

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

- Jiménez Ramírez, M. (2012). Actuaciones socio-comunitarias y educativas inclusivas con alumnado en riesgo de exclusión social. *Revista de Investigación en Educación*, 10(2), 62-78. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4733024.pdf>
- Makokha, J. (2017). Emerging Technologies and Science Teaching. En K.S. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science Education* (pp. 369-383). The Netherlands: Sense Publishers.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. doi:10.1002/sce.21522
- Mata, M. de L., Monteiro, V., & Peixoto, F. (2012). Attitudes towards Mathematics: Effects of Individual, Motivational, and Social Support Factors. *Child Development Research*, 2012, 1–10. doi:10.1155/2012/876028
- Miguélez, B. (2018). El uso de realidad virtual en la formación secundaria postobligatoria: aplicación en el bachillerato artístico. En U. Garay, E. Tejada, y C. Castaño. (Coord.), *Teknologia berriak eta gaur egungo Hezkuntza joerak - Uso de nuevas tecnologías y tendencias actuales en Educación* (pp. 54-61). Bilbao: Universidad del País Vasco.
- Ministerio de Deporte y Cultura (2015). *PISA 2015, Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe Español* (Edición 2016).
- National Research Council (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13158>.
- Observatorio de Innovación Tecnológica y Educativa (2017) *Tendencias Educativas 2017* Recuperado de: https://issuu.com/espinal/docs/odite_tendencias_educativas_2017/6
- Orden por la que se regula el procedimiento de inscripción y continuidad de centros reconocidos como Comunidad de Aprendizaje y se crea la Red Andaluza Comunidades de Aprendizaje. (2012). *Orden de 8 de junio de 2012 por la que se regula el procedimiento de inscripción y continuidad de centros reconocidos como comunidad de aprendizaje y se crea la Red Andaluza comunidades de aprendizaje*. (Publicada en BOJA nº 126, de 28 de junio de 2012). Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2012/126/21>
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (2015). *PISA 2015 Resultados Clave* (2016). Recuperado de: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079. doi:10.1080/0950069032000032199
- Palacios, A., Arias, V. y Arias, B. (2014). Las actitudes hacia las matemáticas: construcción y validación de un instrumento para su medida. *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 67-91. doi:10.1387/RevPsicodidact.8961
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, España: Ediciones Morata.
- Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–27.
- Schwarz, N. (2007). Attitude Construction: Evaluation in Context. *Social Cognition*, 25(5), 638–656. doi:10.1521/soco.2007.25.5.638
- Sevian, H., Dori, Y. J., & Parchmann, I. (2018). How does STEM context-based learning work: what we know and what we still do not know. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1095–1107. doi:10.1080/09500693.2018.1470346
- Tarabini, A. (2017). La exclusión educativa: significados, mecanismos y perfiles. En A. Tarabini, *Los factores de exclusión educativa en España: mecanismos, perfiles y espacios de intervención* (pp. 6-25). Madrid: UNICEF. Disponible en <https://www.unicef.es/publicacion/los-factores-de-la-exclusion-educativa-en-espana>
- Truchly, P., Medvecky, M., Podhradsky, P., & Vanco, M. (2018). Virtual Reality Applications in STEM Education. *2018 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. doi:10.1109/iceta.2018.8572133
- Tzu-Chiang Lin, Tzung-Jin Lin & Chin-Chung Tsai (2014) Research Trends in Science Education from 2008 to 2012: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372. doi:10.1080/09500693.2013.864428
- Vera Ocete, G., Ortega Carrillo, J. A., Burgos González, M^a. A. (2003). La realidad virtual y sus posibilidades didácticas. *Revista Etic@net*, (2)2.

Realidad Virtual y STEM en contextos de exclusión social.

- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., y Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.024
- Young, D. y Tamir, P. (1977). Finding out what Students know. *The Science Teacher*, 44, 27-28.
- Zan, R. y Di Martino, P. (2007). Attitude toward Mathematics: Overcoming the positive/negative dichotomy. *The Montana Mathematics Enthusiast (TMME), Monograph 3*, (pp. 157-168)
- Zhang, D. y Campbell, T. (2011). The Psychometric Evaluation of a Three-Dimension Elementary Science Attitude Survey. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 595–612. doi:10.1007/s10972-010-9202-3

Anexos

1. Cuestionario TDSAS (Zhang y Campbell, 2011).
2. Cuestionario EAM (Palacios, Arias y Arias, 2014).
3. Cuestionario KPSI.
4. Encuesta de Satisfacción.
5. Entrevista Semiestructurada.
6. Software “STEM + VR” (Descripción).
7. Tabla de contenidos RVI y currículum de Andalucía.
8. Informativo Proyecto.
9. Actividad “Sistema Solar”.
10. Experimento “Acción – Reacción”.
11. Tropas Proporcionales Galácticas.
12. Cronograma.
13. Cartel sobre Proyecto de Realidad Virtual.
14. Convocatoria.
15. Informativo para padres.
16. Protocolo de consentimiento para padres.
17. Diplomas de participación.
18. Transcripción apartado cualitativo de la encuesta de satisfacción.
19. Transcripción de la entrevista al docente del centro educativo.
20. Retrato de aparición de categorías de la entrevista.