

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA**  
**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

---



**INFLUENCIA DE LA TECNOLOGÍA DE REALIDAD VIRTUAL EN LA  
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO**

**POR:**

**LOURDES DÍAZ LÓPEZ**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN EDUCACIÓN, ARTES Y HUMANIDADES**

**CHIHUAHUA, CHIH. MÉXICO**

**SEPTIEMBRE, 2021**



Influencia de la tecnología de realidad virtual en la apropiación social del conocimiento. Tesis presentada por Lourdes Díaz López como requisito parcial para obtener el grado de Doctora en Educación, Artes y Humanidades ha sido aprobado y aceptado por:

Dr. Armando Villanueva Ledezma  
Director de la Facultad de Filosofía y Letras

Dr. Jorge Alan Flores Flores  
Secretario de Investigación y Posgrado

Dr. Erslem Armendáriz Núñez  
Coordinador Académico

Dr. José Refugio Romo González  
Presidente

Fecha:  
Comité:

Director de tesis: Dr. Javier Tarango Ortiz  
Vocal 1: Ana Cuevas Badallo  
Vocal 3: Fidel González Quiñones  
Secretario: Dr. Fidel González Quiñones



Derechos Reservados

Lourdes Díaz López, Rúa de las  
humanidades s/n Campus  
Universitario I. Facultad de Filosofía  
y Letras.

# Influencia de la Tecnología de Realidad Virtual en la Apropiación Social del Conocimiento

Lourdes Díaz López

Universidad Autónoma de Chihuahua

## Notas del Autor:

Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado, Doctorado en Educación Artes y Humanidades.

Proyecto financiado por el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) y beca nacional a estudiantes del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

ORCID del autor: <https://orcid.org/0000-0002-4096-6710>

Director de Tesis: Dr. Javier Tarango Ortiz. Comité de tesis: Dr. Juan Daniel Machin

Mastromatteo, Dr. José Refugio Romo González, Dr. Fidel González Quiñones y Dra. Ana Cuevas Badallo (co-directora de tesis).

Contacto: Lourdes Díaz López. Tel. +526142549250. Correo electrónico: [reportajesluly@gmail.com](mailto:reportajesluly@gmail.com).

Citar en APA (7a edición): Díaz-López, L. (2020). *Influencia de la tecnología de realidad virtual en la apropiación social del conocimiento*. [Tesis de Doctorado en Educación, Artes y Humanidades, Universidad Autónoma de Chihuahua]. Repositorio Digital de tesis de la UACH. <http://repositorio.uach.mx>

### Resumen

Esta tesis evalúa la influencia de la tecnología de Realidad Virtual (VR) en: aumentar la motivación e interés, despertar vocaciones científicas, incrementar la retención y comprensión de la información brindada, así como, para conocer los niveles de credibilidad frente a los audiovisuales tradicionales. Para la realización de este estudio se utilizó una metodología mixta, sucediendo a nivel cuantitativo a través de la realización de un cuasi-experimento que se llevó a cabo con una intervención en cinco universidades mexicanas del norte de México, tanto de entornos urbanos como rurales, en instituciones públicas y privadas de diversos contextos socioeconómicos, contando con la participación de 342 estudiantes, 40 de ellos en la validación del instrumento utilizado y 302 en el establecimiento del cuasi-experimento; en cuanto a la información cualitativa, esta fue recolectada a través de la observación participante realizada por 19 docentes, así como, con un cuestionario de opción múltiple y preguntas abiertas. Los resultados cuantitativos revelan que la VR es significativamente más útil para transmitir conocimientos en comparación con el solo uso de imágenes y videos tradicionales, sin embargo, esto último ocurre únicamente entre usuarios que viven en áreas rurales; en tanto, los resultados cualitativos muestran que la VR es considerada como una herramienta lúdica para el aprendizaje y una herramienta experiencial en primera persona, que genera motivación e interés por la ciencia y despierta vocaciones científicas,

*Palabras Clave:* Realidad Virtual, aprendizaje lúdico, aprendizaje experiencial, aprendizaje en primera persona, apropiación social del conocimiento, divulgación científica, innovación social.

### **Abstract**

This thesis evaluates the influence of Virtual Reality (VR) technology in: increasing motivation and interest, awakening scientific vocations, increasing retention and understanding of the information provided, as well as, to know the levels of credibility compared to traditional audiovisuals. To carry out this study, a mixed methodology was used, happening at a quantitative level through the realization of a quasi-experiment that was carried out with an intervention in five Mexican universities in northern Mexico, both in urban and rural settings. in public and private institutions of various socioeconomic contexts, with the participation of 342 students, 40 of them in the validation of the instrument used and 302 in the establishment of the quasi-experiment; Regarding qualitative information, this was collected through participant observation carried out by 19 teachers, as well as, with a multiple-choice questionnaire and open questions. The quantitative results reveal that VR is significantly more useful for transmitting knowledge compared to the only use of traditional images and videos, however, the latter only occurs among users living in rural areas; meanwhile, the qualitative results show that VR is considered a playful tool for learning and an experiential tool in the first person, which generates motivation and interest in science and awakens scientific vocations,

*Keywords:* Virtual Reality, playful learning, experiential learning, first person learning, social appropriation of knowledge; scientific dissemination, social innovation.

### Reconocimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que gracias a la beca otorgada hizo posible la realización de esta tesis y la obtención del grado.

A la empresa Álamos Gold que, a través de su vicepresidente en México el Dr. Luis Chávez Martínez, otorgó el acceso a su planta industrial minera en Mulatos, Sonora, para el desarrollo del contenido inmersivo utilizado en el cuasi experimento de este estudio.

Al Instituto Universitario de Estudios de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Salamanca, España, por toda su asesoría y apoyo durante la estancia doctoral, bajo la tutela de la Dra. Ana Cuevas Badallo, con la participación del Dr. Modesto Escobar y la Dra. María del Carmen Tabernero.

Al Dr. Santiago López, director del Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca, España, por su disponibilidad para proporcionar acceso a todas las herramientas educativas y tecnológicas durante mi estancia de investigación, de forma gratuita y desinteresada.

Reconocimiento a los profesores y universidades que facilitaron los grupos para realizar este estudio: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Chihuahua (Blanca Magali Hénric y Leticia Lozano); Universidad Regional del Norte (Aída Holguín Baeza y Valia Mendoza), Universidad Tecnológica de la Tarahumara (Rector Carlos Servando Chávez), Universidad Pedagógica Nacional Campus Guachochi, Chih. (María de Jesús Pompa) y Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Chihuahua (Juan Manuel Andazola y José Antonio Pérez).

### **Agradecimientos**

Al Dr. Javier Tarango Ortiz y al Dr. José Refugio Romo por su paciencia y apoyo para convertir este contenido en artículos científicos.

A mi familia, a mi esposo, Dr. Cesar Guigón López y a mis hijas Julisa Lourdes Prieto Díaz y Enya Nirvana Guigón Díaz, por su acompañamiento incondicional y por ser un pilar durante todo este proceso de obtención de grado en el que se sumaron a distintos sacrificios para lograrlo.

A mis hermanas: María Laura y Evangelina Díaz López, por su apoyo en mi educación, lo cual antecedió para que yo pudiera llegar a este grado.

A mis padres: Susana López Chávez y Reynaldo Díaz Ávila, por permitir mi emancipación a muy temprana edad, el pilar y la razón de toda mi educación.

**Productos científicos derivados de la presente investigación****Artículos:**

- I. Díaz-López, L., Tarango, J., and Contreras, C.-P. (2019). Strategies for inclusive and safe education using virtual reality: from the digital library perspective. *Digital Library Perspectives*, 35(3/4), 216–226. <https://doi.org/10.1108/DLP-08-2019-0034>.
- II. Díaz-López, L., Tarango, J. y Romo-González, J. R. (2020). Realidad Virtual en procesos de aprendizaje en estudiantes universitarios: motivación e interés para despertar vocaciones científicas. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, 31, 1–14. <http://dx.doi.org/10.5209/cdmu.68958>.

**Ponencias y conferencias:**

- I. Díaz López, L. y Tarango Ortiz, J. (2018). *Realidad Virtual y Aumentada en la Industria*. XII Conferencia Internacional de Minería 2018. (Conferencia). Chihuahua, Chih., México.
- II. Díaz López, L. (2018). *Tecnología Inmersiva en la Apropiación Social del Conocimiento*. (Seminario). Instituto Universitario Sobre Estudios de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca, España.
- III. Díaz López, L. y Tarango Ortiz, J. (2019). *Tecnología de Realidad Virtual Para una Educación Patrimonial Segura e Incluyente*. Tercer Congreso Internacional Carl Lumholtz de la Escuela de Antropología del Norte de México. (Ponencia). Chihuahua, Chih., México.
- IV. Díaz López, L. (2019). *La Realidad Virtual*. Universidad Regional del Norte. (Conferencia). Chihuahua, Chih., México.
- V. Díaz López, L. (2019). *Cómo Hacer Ciencia Desde tu Carrera, un Caso de Industrialización del Conocimiento Explicado con Realidad Virtual*. Universidad Tecnológica de la Tarahumara. (Taller). Guachochi, Chih., México.

- VI. Díaz López, L. (2019). *Todos Podemos Ser Científicos, un Caso de Industrialización de la Ciencia*. Universidad Pedagógica Nacional. (Conferencia). Guachochi, Chih., México.
- VII. Díaz López, L. y Tarango Ortiz, J. (2019). *¿Necesitamos a la Minería?, Cómo Cambiaría el Mundo sin la Minería*. Cuarto Foro de Relaciones Comunitarias del Clúster Minero de Sonora. (Conferencia magistral). Hermosillo, Sonora, México.

**Estancias académicas:**

- I. Universidad de Salamanca (España), Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología (ECYT), Unidad de Posgrado, agosto–diciembre de 2018. Asesora: Dra. Ana Cuevas Badallo.

## Contenido

<b>Capítulo I. Diseño de la Investigación.....</b>	<b>19</b>
<i>Introducción.....</i>	<i>19</i>
<i>Planteamiento del Problema.....</i>	<i>22</i>
<i>Justificación .....</i>	<i>26</i>
<i>Hipótesis.....</i>	<i>30</i>
<i>Pregunta General.....</i>	<i>31</i>
<i>Preguntas Específicas.....</i>	<i>31</i>
<i>Objetivo General .....</i>	<i>31</i>
<i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>32</i>
<i>Justificación de Selección de Metodología.....</i>	<i>32</i>
Metodología.....	35
Selección del Contenido para Realizar el Estudio.....	37
Prueba Piloto del Instrumento en Cuasi-experimento .....	40
Descripción del Establecimiento del Cuasi-experimento.....	43
Selección de la Muestra por Conveniencia; Recolección de los Datos en un Entorno Multicultural.....	44
<b>Capítulo II. Educación y Divulgación Científica Apoyadas en Tecnología de Realidad Virtual....</b>	<b>47</b>
<i>Marco Conceptual.....</i>	<i>47</i>
Realidad Virtual.....	47
Diferencia entre Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta.....	48
Apropiación Social del Conocimiento .....	50
Ciencia Ciudadana.....	52
Divulgación de la Ciencia .....	54
Innovación Social.....	56

<i>Marco Teórico</i> .....	57
Acercamiento a la Historia de la Realidad Virtual.....	57
Contextualización de la Apropiación Social del Conocimiento.....	66
La Innovación Social una Vía para la Apropiación Social del Conocimiento.....	74
La Realidad Virtual y Realidad Aumentada en la Educación.....	77
La Realidad Virtual como Herramienta de Autoaprendizaje a través de Biblioteca Digital y el Museo sin Fronteras .....	86
La Realidad Virtual en la Educación Patrimonial: una Herramienta Inclusiva y para la Conservación .....	94
<b>Capítulo III. Análisis de Resultados</b> .....	<b>98</b>
<i>Estadísticos Descriptivos: Características Sociodemográficas de los Sujetos</i>	
<i>Participantes</i> .....	98
<i>Resumen de Resultados</i> .....	102
<i>Pregunta General</i> .....	104
<i>Preguntas Específicas</i> .....	106
<i>Resultados Cuantitativos</i> .....	109
<i>Utilidad de la Tecnología de Realidad Virtual para Incrementar el Nivel de Comprensión y Retención de la Información</i> .....	134
<i>Pruebas de Efecto Experimental</i> .....	156
Retención y Comprensión de la Información .....	157
Efecto Experimental en Utilidad de Contenido de Realidad Virtual para Transmitir Conocimiento.....	157
<i>Resultados Cualitativos</i> .....	158
La Realidad Virtual para Despertar Interés por la Ciencia y Vocaciones Científicas .....	162
Datos Cualitativos Recogidos por Observadores.....	169

<b>Capítulo IV. Discusión y Conclusiones.....</b>	<b>172</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>204</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>225</b>
<i>Anexo 1. Cuestionario de salida (ciencia y minería + Realidad Virtual.....</i>	<i>225</i>
<i>Anexo 2. Formato de observación para tesis: influencia de la Realidad Virtual en la</i>	
<i>Apropiación Social del Conocimiento .....</i>	<i>231</i>

**Lista de Figuras**

Figura 1. Esquema de prueba piloto .....	41
Figura 2. Establecimiento del cuasi-experimento .....	44
Figura 3. Lugar de residencia del sujeto participante .....	98
Figura 4. Clase socioeconómica del sujeto participante.....	99
Figura 5. Edad promedio de los sujetos participantes .....	99
Figura 6. Grado de estudios de los sujetos participantes.....	100
Figura 7. Tipo de universidad donde estudian los sujetos participantes.....	101
Figura 8. Área de estudios de los participantes .....	102
Figura 9. Resumen de hipótesis.....	103
Figura 10. Resumen de resultados cuantitativos.....	110
Figura 11. Utilidad de la Realidad Virtual por tipo de institución .....	111
Figura 12. Utilidad de la Realidad Virtual por tipo de institución .....	112
Figura 13. Gráfico de cajas con los casos atípicos presentados .....	113
Figura 14. Utilidad de la Realidad Virtual por área donde vive el sujeto participante.....	114
Figura 15. Resultados con casos atípicos por ámbito de la institución donde estudia el sujeto participante.....	115
Figura 16. Utilidad de la Realidad Virtual por institución.....	117
Figura 17. Resultados de utilidad de la Realidad Virtual por institución .....	118
Figura 18. Gráfico de cajas con casos atípicos sobre utilidad de la Realidad Virtual por institución .....	119
Figura 19. Utilidad de la Realidad Virtual por tamaño de la población donde vive el sujeto participante.....	120
Figura 20. Impacto de la Realidad Virtual por el tamaño de la población donde vive el sujeto participante.....	121
Figura 21. Diferencia de la utilidad de la Realidad Virtual por tamaño de la población donde vive el sujeto participante.....	122
Figura 22. Utilidad de la Realidad Virtual según el género del usuario .....	124

Figura 23. Diagrama de cajas sobre utilidad de la Realidad Virtual por género del participante .....	125
Figura 24. Utilidad de la Realidad Virtual según grado de estudios .....	127
Figura 25. Diferencia de la utilidad de la Realidad Virtual por grado de estudios. ....	128
Figura 26. Utilidad de la Realidad Virtual según el grado de estudios .....	129
Figura 27. Utilidad de la Realidad Virtual según el área de estudios de los usuarios .....	131
Figura 28. Utilidad de la Realidad Virtual por área de estudios de los usuarios .....	132
Figura 29. Utilidad de la Realidad Virtual por edad del participante .....	134
Figura 30. La Realidad Virtual en retención y comprensión de la información .....	135
Figura 31. Utilidad de la Realidad Virtual para retención y comprensión de la información ....	136
Figura 32. Retención y comprensión de la información según el lugar donde vive el sujeto participante.....	137
Figura 33. Retención y comprensión de la información, según el ámbito de la universidad donde estudia el sujeto participante .....	138
Figura 34. Retención y comprensión de la información según el ámbito de la institución .....	138
Figura 35. Retención y comprensión de la información por institución .....	140
Figura 36. Retención y comprensión de la información según la universidad donde estudia el sujeto participante.....	141
Figura 37. Retención y comprensión de la información según la universidad donde estudia el sujeto participante.....	142
Figura 38. Retención y comprensión de la información según grado de estudios.....	144
Figura 39. Retención y comprensión de la información según lugar donde vive el sujeto participante .....	146
Figura 40. Retención y comprensión de la información según el tamaño de la comunidad donde vive el sujeto participante.....	147
Figura 41. Retención y comprensión de la información según el tamaño de la comunidad donde vive el sujeto participante.....	148

Figura 42. Diferencias en la retención y comprensión de la información según el sexo del participante, utilizando Realidad Virtual.....	150
Figura 43. Gráfico de barras sobre retención y comprensión de la información según el sexo del participante.....	151
Figura 44. Retención y comprensión de la información según el sexo de los participantes .....	152
Figura 45. Retención y comprensión de la información según el área de estudios del sujeto participante.....	154
Figura 46. Retención y comprensión de la información según la edad del participante con el uso de Realidad Virtual .....	156
Figura 47. Resumen de resultados cualitativos.....	159
Figura 48. Comparación de usuarios de la Realidad Virtual vs audiovisual tradicional.....	161
Figura 49. Cinco respuestas más frecuentes en pregunta abierta.....	162
Figura 50. Percepción de la ciencia cuando el participante recibe la información en Realidad Virtual .....	163
Figura 51. Percepción de la ciencia cuando el participante recibe la información en audiovisual tradicional.....	163
Figura 52. Respuesta de usuarios de la Realidad Virtual sobre ¿quién produce ciencia en tu región o país?.....	165
Figura 53. Respuesta de usuarios de audiovisual tradicional sobre ¿quién produce ciencia en tu región o país. ....	165
Figura 54. Influencia de la Realidad Virtual para despertar interés sobre el tema proporcionado (minería).....	166
Figura 55. Influencia del audiovisual tradicional para despertar el interés del tema proporcionado (minería).....	167
Figura 56. Influencia de la Realidad Virtual en la comprensión del tema proporcionado en usuarios de audiovisual tradicional.....	168
Figura 57. Influencia de audiovisuales en Realidad Virtual en el interés por conocer más sobre el tema.....	168

Figura 58. Fotografías donde sujetos participantes intentan tocar ante el alto nivel de inmersión de la tecnología de Realidad Virtual ..... 170

Figura 59. Resumen de propuesta de laboratorio de VR para alcanzar apropiación social del conocimiento ..... 193

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Fiabilidad interna del instrumento piloto para evaluar medios audiovisuales.....	41
Tabla 2. Prueba de no aditividad de Tukey .....	42
Tabla 3. Prueba de fiabilidad que mide la retención y comprensión de la información .....	42
Tabla 4. ANOVA con prueba de Friedman y prueba para no aditividad de Tukey.....	43
Tabla 5. Utilidad de la Realidad Virtual por lugar donde vive el sujeto participante.....	116
Tabla 6. Pruebas de efectos inter-sujetos: Análisis sobre la utilidad de la Realidad Virtual por institución .....	119
Tabla 7. Diferencias de aprovechamiento de la VR por tamaño de la población donde viven los usuarios con pruebas de efectos inter-sujetos.....	123
Tabla 8. Pruebas de efectos inter-sujetos .....	125
Tabla 9. Utilidad de la Realidad Virtual por grado de estudios de los participantes.....	130
Tabla 10. Utilidad de la Realidad Virtual entre usuarios según su área de estudios.....	133
Tabla 11. Retención y comprensión de la información por lugar donde se encuentra la universidad del sujeto participante.....	139
Tabla 12. Retención y comprensión de la información por universidad donde estudia el sujeto participante.....	143
Tabla 13. Retención y comprensión de la información según grado de estudios de los participantes .....	145
Tabla 14. Retención y comprensión de la información por tamaño de la población donde vive el sujeto participante .....	149
Tabla 15. Retención y comprensión de la información con Realidad Virtual según sexo del participante.....	153
Tabla 16. Efecto experimental en retención y comprensión de la información con d de Cohen .....	157
Tabla 17. Efecto experimental en la utilidad de la Realidad Virtual para transmitir conocimiento .....	158

Tabla 18. Utilidad de la Realidad Virtual para comprender y relacionar la minería con la vida cotidiana .....	158
Tabla 19. Realidad Virtual como herramienta para despertar vocaciones científicas.....	164
Tabla 20. Datos recogidos por observadores participantes .....	169

**Lista de Acrónimos**

AMEXCAP	Asociación Mexicana de Capital Privado
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ANOVA	Análisis de Varianza
ARU	Radios Universitarias de España
ADDIE	Analizar–Diseñar–Desarrollar–Implementar–Evaluar
BBC	British Broadcasting Corporation (corporación británica de telecomunicaciones)
CAMEXA	Cámara México Alemana de Comercio
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
COQCYT	Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología
DR	France Télévisions y Danmarks Radio
EVL	Visión Electrónica de Chicago
GMSA	Asociación Mundial de Empresas de Telefonía Móvil
INADEM	Instituto Nacional del Emprendedor en México
IMPI	Instituto Mexicano de la propiedad Industrial
ITESM	Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
INFOTEC	Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación
I+D+I	Investigación, desarrollo e innovación
IT	Interacción Tangible
LVNCA	Laboratorio Nacional de Visualización Científica Avanzada
MINECO	Ministerio de Economía, Industria y Competitividad
MVMS	Selector Multimedia Virtual Multipropósito
NRK	Norsk Rikskringkasting (Corporación Noruega de Radiodifusión)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio)
OEI	Organización de Estados Iberoamericanos
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

PUS	Public Understanding of Science (Comprensión pública de la ciencia)
RTVE	Radiotelevisión Española
RA	Realidad Aumentada
RedCLARA	Red de Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas
REFORTICCA	Recursos para el Empoderamiento de Formadores en TIC, Ciencias y Ambiente
RM	Realidad Mixta
RICYT	Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología
RÚV	Ríkisútvarpið (redifusión)
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
SOMEDICYT	Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales)
TAC	Tomografía axial computarizada
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua
UAQ	Universidad Autónoma de Querétaro
UPN	Universidad Pedagógica Nacional
UTT	Universidad Tecnológica de la Tarahumara
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNLP	Universidad Nacional de La Plata
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
URN	Universidad Regional del Norte
UR	Sveriges Utbildningsradio (Radio educativa sueca)
VR	Realidad virtual
VRT	Vlaamse Radioen Televisieomroep (Radiodifusión de radio y televisión flamenca)
YLE	Yleisradio
3D	Tercera dimensión
4RI	Cuarta Revolución Industrial

## Capítulo I. Diseño de la Investigación

En este capítulo se plantea el problema del déficit de científicos, especialmente en México, así como la justificación del porqué es necesaria la investigación en torno a las estrategias para despertar vocaciones científicas. Se asienta la hipótesis fundamentada en que la imagen podría ser una herramienta para lograrlo, especialmente la inmersiva, ante la posibilidad de incrementar el nivel de comprensión del tema, despertar el interés y romper barreras del idioma y lingüísticas.

También se abordan aquí las preguntas de investigación, así como los objetivos y la metodología utilizada durante el estudio de los efectos de tecnología de realidad virtual entre sujetos participantes de distintos entornos universitarios, urbanos y suburbanos, de instituciones públicas y privadas. Además, se describe el cuasi-experimento realizado, el cual permite la comparación del efecto de la información cuando se presenta en un formato tradicional o en realidad virtual.

### Introducción

Estudiar la influencia de la tecnología de Realidad Virtual (VR por sus siglas en inglés) en la transmisión del conocimiento, es luchar contra estereotipos que se han generado sobre esta tecnología que para muchos no es más que un juguete o moda pasajera, pero que desde sus orígenes es un formato con un enorme potencial para la enseñanza-aprendizaje y para la divulgación de la ciencia. Para entender esto, es importante diferenciarla de la Realidad Aumentada (RA).

El término de realidad virtual fue acuñado por Jaron Lanier, fundador de una de las primeras compañías que la llevó al mercado (Soler-Adillón, 2018), el cual hizo posible su masificación con el objetivo, según sus propias palabras, de generar realidad en otras personas, hacerles vivir una experiencia de la vida real desde una plataforma tecnológica, en tanto que, con la realidad aumentada, los contenidos pueden ser o no de situaciones o lugares reales, ya que pueden ser producciones o recreaciones incluso animadas inspiradas o no de la vida real.

La realidad mixta (RM), tiene otra diferencia importante con las dos anteriores, y esta tecnología tiene una parte de situaciones e información real, pero se puede complementar desde los programas de edición de software especiales para imágenes inmersivas, agregando explicaciones o piezas que no son del contexto real, es decir, son una mezcla de realidad e imaginación de su autor.

Esta tesis aborda la influencia de la VR en la apropiación social del conocimiento, como un formato que permite acercar la misma información que tradicionalmente se lleva a las aulas, museos, libros, imágenes y audiovisuales tradicionales y que, ahora se puede trasladar a una tecnología inmersiva que acerca el conocimiento de una forma similar a vivir la experiencia, a lo que investigadores le han denominado aprendizaje experiencial o en primera persona.

Este formato de imagen en VR permite aprender a través de experiencias muy similares a las naturales con las que el individuo adquiere la mayoría de los conocimientos de su vida diaria, con experiencias directas, no reflexivas y subjetivas (Martínez Cano, 2018).

Lo anterior, basado en la utilidad de la imagen para adquirir o transmitir conocimientos, refiriéndose al dicho portugués de que: "una imagen vale más que mil palabras" entonces una imagen tridimensional sumergida en el mundo real vale más que cualquier otra imagen o palabra, la cual es un valor agregado a los materiales didácticos tradicionales (Coimbra et al., 2015).

Ante ello, tanto universidades como los museos están ya utilizando esta tecnología para transmitir conocimiento, uno de los más emblemáticos casos es el "Hospital Virtual Valdecilla", que nació en la ciudad de Santander, Cantabria, España, acreditado por el Colegio Americano de Cirujanos y asociado al Center for Medical Simulation de Boston que permite acortar las curvas de aprendizaje, en un entorno seguro y controlado para estudiantes de medicina de 48 universidades del mundo a través de simuladores (Gutiérrez-Baños et al., 2015).

La VR entró a los museos para ofrecer a los visitantes una experiencia en primera persona, no solo como un observador pasivo (Aznar-Díaz et al., 2018) sino como testigo de los hechos. Ha sido una vía para aprender e incrementar el interés. Es un canal de comunicación y para la participación en escuelas, museos virtuales y parques arqueológicos que dan posibilidad de una

mayor accesibilidad al patrimonio y a la historia especialmente útil para personas con movilidad reducida, discapacidad cognitiva u otros problemas sensoriales que por esta vía pueden conocer y que de otra forma les resultaría imposible por su condición de salud (Delgado Anés y Romero Pellitero, 2017).

Esta tesis estudia la influencia de la VR para transmitir conocimiento no solo dentro de las aulas. Propone que, ante lo amigable de la herramienta, se aproveche para sacarla de entornos académicos y sea una vía para la apropiación social de conocimiento, con la cual, se puede transmitir el tema científico a la sociedad civil.

Los resultados de este estudio arrojan que la VR es una herramienta de aprendizaje lúdico, que motiva a los usuarios a investigar más sobre el tema que se les proporciona, que despierta el interés por la ciencia, por lo que, podría ser una herramienta para la divulgación de la ciencia en distintos entornos socioculturales.

Derivado de la teoría del *homo videns* de Sartori (1998) quien sostiene que la palabra está destronada por la imagen porque todo acaba siendo visualizado y con quien coinciden otros estudios que afirman que desde principios de los años ochenta la demanda de informarse a través de lo gráfico se incrementó y empezó a desplazar a la palabra escrita, reflejado de forma más clara, el periodismo con la transformación en sus contenidos (Belanguer Jané, 1999).

Entre las tecnologías de imagen, sin duda una de las más recientes y avanzadas es la VR, formato en el que ya se empezaron a producir libros, instructivos, videos explicativos reconociendo que este tipo de imagen representa un valor agregado a los materiales didácticos tradicionales (Coimbra et al., 2015).

Algunas editoriales especializadas en ciencia como Elsevier, ya aceptan información en video, audio, imágenes fijas y secuencias de animación como parte complementaria de los artículos científicos, al reconocer que a través de la imagen se transmite conocimiento, pues está demostrado que el contenido visual incrementa la velocidad en la que se aprende y entiende la información recibida (Potter et al., 2014).

## Planteamiento del Problema

Una de las preocupaciones en el crecimiento de los países es su nivel de desarrollo científico. Se considera al conocimiento científico y tecnológico como una de las principales riquezas de las sociedades contemporáneas, así como un elemento indispensable para impulsar el desarrollo económico y social (OEI, 2012). Aunado a ello, está la preocupación sobre la insuficiente formación de investigadores, por tanto, además de educación científica formal que impacte positivamente en la formación ciudadana.

Algunas de las situaciones que observa la condición de la formación de investigadores y el apoyo a las vocaciones científicas es la necesidad de los países, especialmente latinoamericanos, de aumentar el promedio de científicos en proporción a su población total (Vásquez, 2019). Por ejemplo, México registra sólo 0.7 por cada cien mil habitantes, Estados Unidos 8.5 y España 6.7 (OCDE, 2019).

Lo anterior, debido a la insuficiente capacidad de planeación de los países en la elaboración de estrategias para la formación de investigadores, pues no existe un crecimiento, se registra una situación muy similar con el paso de los años, especialmente en países subdesarrollados (UNESCO, 2020) y la baja evolución que muestran los programas educativos en relación a la forma como se presenta el conocimiento científico, tiende a que los jóvenes pierdan interés por aprenderlo y no se despiertan vocaciones científicas (Macedo, 2016).

Por lo anterior, debe darse una profunda transformación de la educación científica y romper las barreras de comunicación entre los científicos y la sociedad, sobrepasando la idea de que el artículo científico está sobre cualquier otra vía de transmitir el conocimiento, sino que se deben buscar nuevas formas de transmisión del conocimiento científico, especialmente recurriendo a procedimientos no convencionales, en este caso se sugiere la incorporación de la tecnología de VR como vía para la divulgación del conocimiento científico.

La ciencia, en todas sus dimensiones disciplinares y latitudes geográficas, se comunica principalmente a través de artículos científicos en revistas especializadas en donde el público receptor son comunidades científicas. Son escasas las publicaciones de ciencia en los medios de

comunicación masiva donde la sociedad no especializada se informa (radio, televisión, periódicos de internet o impresos), por lo tanto, el nuevo conocimiento, valioso y útil para la toma de decisiones, se queda en el círculo de los propios científicos y la sociedad que es la usuaria final de ese conocimiento tiene poco acceso a los nuevos descubrimientos.

En México hay pocos esfuerzos para despertar vocaciones científicas, una de varias causas es el bajo presupuesto que el gobierno federal destina a este fin; en las escuelas cuentan con espacios muy reducidos, carecen de infraestructura, programas, materiales y personal calificado para atender la educación científica (Guevara Ruiseñor y Flores Cruz, 2018) de acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), apenas el 0.02% de la población llega a convertirse en científico en México.

Hasta los años 60, se manejaba el “modelo del déficit”: un modelo de comunicación en un sentido único en el que los científicos llenan el vacío de conocimiento de un público general científicamente analfabeto (Miller, 2001; Gouyon, 2016; Bucchi, 2008). Este modelo suponía que la sociedad civil solo era capaz de recibir información de los expertos, pero sin participar en nada relacionado a ella, ni para cuestionar, analizar y mucho menos participar en la toma de decisiones relacionadas a la ciencia.

Lo anterior, es un modelo de comunicación donde el receptor permanece pasivo ante lo que recibe, probablemente únicamente crédulo y sin opción de desconfiar de dicha información. En esta etapa, la sociedad civil no participaba en ciencia de ningún modo, se vivía dentro de un modelo en el que, quien poseía la información tenía todo el poder de toma de decisión que afectaba su vida propia y la de una sociedad entera.

De esa manera, se confiaba no solo en el conocimiento del científico, se asumía que eran dueños de la verdad y que cualquier decisión que tomaran referente a ciencia, era correcta, sin cuestionar siquiera la parte ética, aún no se hablaba de la posibilidad de presencia de conflicto de intereses, era una confianza absoluta.

El segundo modelo que se desarrolló a partir de los años 60 del siglo XX. En un extremo estarían aquellos que, como los miembros del Programa fuerte de la Escuela de Edimburgo (Bloor,

1976) o la teoría del Actor-Red (Callon, 1986; Latour, 1988), consideraron que la creación del conocimiento científico está contaminada sociopolítica y/o económicamente y por esas razones, se defendió la necesidad de que la sociedad participara en las decisiones político-tecnológicas de la ciencia (Cuevas, 2008).

Si no admitir lo anterior, se supondría admitir que la ciencia ocupa un lugar privilegiado y que comunicarla requiere de una didáctica pedagógica concreta y, por tanto, estaría en riesgo la democracia al restringir la participación únicamente a los expertos (Tlili y Dawson, 2010). A partir de esto, se planteó la necesidad del diálogo entre las dos esferas: sociedad y científicos (Elam y Bertilsson, 2003; Burningham et al, 2007).

Pese a ello, los espacios para llevar la ciencia a la sociedad, hasta hoy son insuficientes. La ciencia se sigue publicando en espacios cerrados, en revistas por y para expertos. En México, hay más de 28 mil científicos según el registro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del CONACYT, y en el país hay apenas 20 revistas de divulgación recientemente indexadas al propio CONACYT, espacios no acordes a la producción de ciencia que se hace en la República Mexicana.

Tan solo en 2017 investigadores mexicanos realizaron 22 954 publicaciones científicas en revistas indexadas en Scopus® (Elsevier BV), según datos del SCImago Journal y Country Rank que incluye las revistas contenidas en la base de datos Scopus®.

La escasa divulgación no sólo se debe a los pocos espacios, sino también a que las instituciones de generación del conocimiento en México no cuentan con una estrategia de divulgación científica, en tanto que el periodista común, empleado de los medios de comunicación, no está capacitado para entender la información que los científicos producen, por lo que, los investigadores desdeñan la divulgación negándose a dar entrevistas y con ello propician que su desarrollo se inhiba; es necesaria la capacitación de más profesionales en periodismo científico (Estrada, 2017).

En el entorno de los científicos se cree, equivocadamente, que la divulgación científica es algo que en muchos aspectos devalúa la pureza de la ciencia, cuando en realidad, divulgar, sería

una práctica necesaria (aunque limitada) para que el profano comprenda el significado de los hechos, teorías y métodos de la ciencia.

Por lo anterior, se suele reducir a una actividad altruista y amateur. Sin embargo, en muchos casos, la divulgación científica la hacen investigadores que debiera valorarse tanto a nivel curricular como salarial. La actividad divulgativa se fomenta, pero no se aprecia como es debido, cuando es una labor imprescindible para el desarrollo de la ciencia (Alcívar, 2017)

La necesidad y los beneficios de llevar la información científica a la sociedad ya no está en duda, por lo que han surgido distintas propuestas, una de ellas es que, para hacer llegar la ciencia a la sociedad es necesario un co-creador, un especialista en comunicar el mensaje mediante materiales visuales y técnicas de diseño participativo, con una adecuada coordinación de un trabajo interdisciplinar (Senabre Hidalgo et al., 2018). Otra de las propuestas es la del emisor secundario.

Se trata de periodistas especializados para luchar contra la ocultación del conocimiento por parte de los expertos, capaz de romper las barreras lingüísticas que hay entre el investigador y la sociedad, pero solo como una medida emergente, pues la solución de raíz sería que las universidades incluyan en la curricula de todas las carreras las materias de comunicación y periodismo.

De tomar las medidas antes mencionadas, permitiría a los nuevos profesionales egresar sabiendo cómo romper las barreras del lenguaje, pues la lógica sería que no le corresponde a la mayoría de la población no experta, aprender el lenguaje de una minoría (científicos), sino al contrario (Elías Pérez, 2002).

En México, desde 1986 se fundó la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, A.C. (SOMEDICYT) con el fin de atender la necesidad de difusión del conocimiento en un formato sencillo, para llegar a todos los sectores de la población a través de programas de radio, revistas, capsulas de televisión y medios electrónicos, eventos, talleres, diplomados, congresos (Padilla, 2017).

la SOMEDICYT, ha hecho un buen trabajo y divulgación de la ciencia. Sin embargo, de sus 210 asociados la mayoría trabajan en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por lo que su área de interés se queda principalmente en el centro del país, su labor resulta insuficiente para las necesidades de divulgación de toda la nación.

La importancia de la divulgación científica empieza a abordarse por las instituciones de México. El CONACYT, apenas en 2016 la incluyó entre sus criterios de evaluación para pertenecer al SNI, que históricamente le ha dado mayor importancia a que el científico comparta el conocimiento que ha generado con otros científicos especialmente del extranjero, razón por la que no está entre las prioridades de los investigadores hacer divulgación.

Por lo antes dicho, la propuesta de esta tesis radica en que la divulgación científica debe empezar en las aulas universitarias y luego pasar a la sociedad, haciendo uso de las tecnologías visuales más modernas que faciliten la comprensión del tema, diseñado y dirigido a una audiencia no experta en ciencia, sociedad civil y estudiantes.

Para dichos fines, se evalúa la efectividad de la tecnología de VR, para determinar si tiene utilidad para incrementar el nivel de comprensión de los temas, despertar la curiosidad intelectual del usuario, la motivación, el interés, si incrementa la credibilidad de la información proporcionada y determinar si ayuda para despertar vocaciones científicas.

### **Justificación**

La necesidad de llevar la información científica a la sociedad civil ya no está en discusión, ahora la forma más efectiva de hacerlo es lo que está en cuestión, cuáles son las vías efectivas para propiciar ese acercamiento entre sociedad civil, científico, educadores y gobierno, y para ello surgen propuestas de difusión y divulgación a través de espacios de educación formal e informal a fin de también generar cultura científica (Marín Agudelo, 2012).

La existencia del problema de incomunicación entre el científico y sociedad es una realidad reflejada en las encuestas de percepción de la ciencia en Iberoamérica y Europa que buscan las respuestas del cómo acomodar “dos culturas”, la de los expertos y la de los

ciudadanos, y derivado de ello se publicó el Manual de Antigua (2015), un instrumento de las estrategias para fomentar la cultura científica (Polino, 2015).

La versión 2007, 2009 y 2016 de la encuesta de Percepción Social de la Ciencia (PUS por sus siglas en inglés), revela que los ciudadanos de las grandes urbes de Iberoamérica reclaman ser escuchados y su opinión tenida en cuenta en asuntos que tengan que ver con la ciencia, situación que según el Eurobarómetro de ciencia y tecnología 2005 y 2010, también confirman con el mismo reclamo por parte de la población europea.

Una sociedad alfabetizada científicamente es una sociedad con mayores elementos para la participación ciudadana, para la solución de pobreza, para contribuir a la democratización del conocimiento y demás problemas sociales. La alfabetización científica común para todos los ciudadanos favorece su inmersión en una cultura científica y que destaca particularmente las relaciones ciencia–tecnología–sociedad, es la mejor forma de iniciar la preparación de los futuros científicos (Gil y Vilches, 2001).

Las razones por las que la ciencia debe llegar a la sociedad y que se tomaron como referente para la realización de PUS también son referente para para justificar esta tesis: 1) razones prácticas: las personas deben tener un buen conocimiento de la ciencia y la tecnología para la vida diaria; 2) razones culturales: la ciencia es parte de la herencia cultural y ha influenciado profundamente nuestra visión del mundo y del lugar del hombre en él; 3) razones económicas: una fuerza de trabajo científica y tecnológicamente alfabetizada es necesaria para una economía basada en el conocimiento y 4) razones democráticas: las personas necesitan una comprensión de la ciencia y la tecnología para el ejercicio de la democracia y la ciudadanía.

Tanto en el Eurobarómetro de ciencia y tecnología en Europa, como la encuesta PUS en Iberoamérica, la sociedad manifestó su desinterés por temas científicos cuando no los comprende y coinciden en que los encuestados poseen un bajo conocimiento de las instituciones científicas de sus respectivos países, lo que hace evidente la necesidad de acercar la ciencia a la sociedad, en un lenguaje y un formato sencillo que baje el nivel de alta especialización que se maneja en los artículos científicos dirigidos y entendidos sólo por especialistas.

Por esta razón la presente tesis propone acercar los temas de ciencia a través de la imagen, un canal por el que se rompe la barrera del idioma y barreras lingüísticas, en un lenguaje universal, resaltando que es una herramienta complementaria a lo oral y escrito, no como una vía única.

De acuerdo con la tabla de porcentajes de retención de información de Ferrés, el 83% de lo que aprendemos es por lo que vemos y el 11% por lo que escuchamos; el sentido del gusto aporta el 1% de nuestro aprendizaje, el tacto 1,5% y el olfato el 3,5%, el aprendizaje es mayor y mejor cuantos más sentidos intervienen en el proceso (Zapatero Guillén, 2011).

Ante ello, cobran importancia los sistemas multimedia, especialmente los de VR con los que usamos el oído, la vista y en ocasiones el tacto, cuando se trata de la interactiva, tecnología que sirve para un aprendizaje “experiencial” o en primera persona, similar a las experiencias naturales con las que el individuo adquiere la mayoría de los conocimientos de su vida diaria con experiencias directas, no reflexivas y subjetivas (Martínez Cano, 2018).

Si la imagen tridimensional sumergida en el mundo real vale más que cualquier otra imagen o palabra, según Coimbra, lo confirman las recientes producciones de libros, instructivos, archivos tridimensionales, videos explicativos imágenes en VR y RA que buscan un valor agregado a los materiales didácticos tradicionales (Coimbra et al., 2015), contenidos que no debieran quedar fuera del alcance de universidades, de docentes universitarios y en un futuro cercano, de la sociedad civil.

Sin embargo, para que eso sea posible, debemos comprobar científicamente que son útiles, que son eficientes y eficaces como para adquirirlos e invertir tiempo en la capacitación que haga posible su uso, para su introducción en escuelas.

Desde el siglo XVII, la linterna mágica, una mediación instrumental basada en la proyección de imágenes y uso sincrónico de sonidos, alcanzó una significativa trascendencia cultural y educativa y hoy es el antecedente de muchos de los recursos didácticos visuales contemporáneas que desde hace por lo menos 300 años se puso al servicio de la divulgación científica (Frutos, 2009). Se podría decir

que esta tecnología, es uno de los antecedentes más antiguos de lo que conocemos ahora como los proyectores.

En la versión más avanzada de la necesidad de proyectar imagen para la enseñanza-aprendizaje, desde hace tres siglos, podría considerarse que, en su versión más avanzada, hoy tenemos la tecnología de VR, ya que desde aquellos tiempos había algunas que lograban hologramas tridimensionales muy similar a lo que ahora también es considerado técnicas didácticas emergentes.

El sistema visual del cuerpo humano, está adaptado a la tarea de extraer información conceptual de la entrada visual con cada nueva fijación del ojo, tres o cuatro veces por segundo (Potter et al., 2014), por ello, usar las imágenes para transmitir conocimiento, es una metodología necesaria, se está transformando al *homo sapiens*, producto de la cultura escrita, en un *homo videns*, para el cual, la palabra está destronada por la imagen, todo acaba siendo visualizado (Sartori, 2012).

Desde principios de los años ochenta la demanda de informarse a través de lo gráfico se incrementó y empezó a desplazar a la palabra escrita, en periodismo es más evidente esta transformación en sus contenidos y formas (Belanguer Jané, 1999). Ante el éxito de la tecnología inmersiva para transmitir información, nació el periodismo inmersivo donde el participante experimenta la sensación de presencia en el lugar de los hechos, especialmente útil cuando el objetivo es inferir en su opinión con algún fin específico (Paino Ambrosio et al., 2017).

Dada la importancia de este género, desde el 2013 incluyeron contenidos inmersivos 13 radiodifusoras públicas europeas, así como algunas televisoras (Pérez Seijo y Campos Freire, 2017). Por tanto, los planteamientos hipotéticos de este estudio se basan en la propuesta de que la VR es una herramienta para generar cultura científica (dentro y fuera de los entornos educativos) y, por ende, el periodismo inmersivo está en el mapa de opciones, de canales por los que se puede hacer llegar la información científica a la sociedad civil, en este formato inmersivo.

Lo antes dicho, con el fin de contribuir a la mejora de los niveles de alfabetización científica con alcance a esferas externas a la educación formal, llegando a la sociedad civil, propiciando la participación social en la ciencia, incrementar el número de investigadores y

despertar vocaciones científicas, pero que quizá, no se debe construir un ideal de influencia inmediata, sino a largo plazo (Dragoş y Mih, 2015).

Las tecnologías inmersivas abren nuevas posibilidades educativas que a partir del 2015 registraron un incremento en su uso para fines de enseñanza-aprendizaje, año en que se dio la universalización del Smartphone y el abaratamiento de los visores que también permitió llegar a los museos y poder ofrecer a los visitantes una experiencia en primera persona, no sólo como un observador pasivo dentro de la exposición museística (Aznar-Díaz et al., 2018).

Uno de los ejemplos es el Hospital Virtual Valdecilla, acreditado por el Colegio Americano de Cirujanos y asociado al Center for Medical Simulation de Boston permite acortar las curvas de aprendizaje en un entorno seguro y controlado para estudiantes de medicina de 48 universidades del mundo (Gutiérrez-Baños, et al., 2015), pero hasta hoy, este es un caso, porque sigue habiendo una necesidad de legitimación de la producción y comunicación científica en las instituciones de conocimiento.

La alfabetización científica y el uso de la tecnología para conseguirlo, sigue siendo prescindible, requiere que sus principales actores (especialmente docentes e investigadores) las reconozcan como elementos importantes de los desempeños personales, institucionales, regionales y disciplinares, que las instituciones establezcan claramente la función científica dentro de su organigrama, reconociendo su importancia, promoviéndola y planteando estrategias e iniciativas para su desarrollo.

En atención a lo antes dicho, hasta hoy, en México tanto el CONACYT como las diversas universidades, las dejan como acciones voluntarias del investigador (Tarango y Machin-Mastromatteo, 2017).

### **Hipótesis**

- a) La VR es una herramienta útil para transmitir conocimiento científico ya que rompe la barrera del idioma y barreras lingüísticas.

- b) La experiencia inmersiva despierta la curiosidad intelectual, aumenta la comprensión, la credibilidad de la información proporcionada, lo cual podría despertar vocaciones científicas.

A través de su desarrollo, se pretende responder las preguntas de investigación presentadas enseguida.

### **Pregunta General**

¿Qué influencia tiene la tecnología de realidad virtual para transmitir conocimiento científico e incrementar la comprensión y como herramienta para generar cultura científica?

### **Preguntas Específicas**

- a) ¿Qué diferencias arroja el método tradicional para transmitir información científica dentro del aula contra el método tradicional más el uso de VR como herramienta complementaria?
- b) ¿En qué medida la herramienta de VR sirve para despertar curiosidad intelectual?
- c) ¿En qué medida el uso de la VR aumenta el nivel de comprensión y retención del tema?
- d) ¿En qué medida la tecnología de VR incrementa la credibilidad de la información proporcionada?
- e) ¿Cuáles son las diferencias de los beneficios en el uso de la VR entre usuarios de universidades públicas y privadas, entre rurales y urbanas?
- f) ¿Cuál es la influencia de la VR para despertar vocaciones científicas?
- g) ¿Qué influencia tiene la VR en la para despertar interés por la ciencia?

### **Objetivo General**

Determinar la utilidad de la tecnología de VR en entornos universitarios, para identificar su efecto en las formas de transmitir conocimiento (tanto de forma tradicional como no convencional) proyectada en su influencia para generar cultura científica, curiosidad intelectual y despertar vocaciones científicas.

### **Objetivos Específicos**

- a) Determinar si con la presencia de VR como herramienta complementaria al método tradicional, se incrementa el nivel de comprensión y retención de la información.
- b) Evaluar la tecnología de VR como herramienta para despertar la curiosidad intelectual y vocaciones científicas.
- c) Determinar si la VR incrementa la credibilidad en la información proporcionada.
- d) Determinar si la VR es una herramienta para generar y/o incrementar la motivación e interés por la ciencia.
- e) Explorar las diferencias que hay en los efectos del uso de la herramienta de VR para transmitir conocimiento entre usuarios de distintos niveles socioeconómicos, de zona urbana y rural, así como de distintos contextos educativos.

### **Justificación de Selección de Metodología**

Esta tesis utiliza una metodología combinada, recoge datos cualitativos y cuantitativos con base al diseño cuasiexperimental para las ciencias sociales propuesto por Campbell y Stanley (2011) y ante la consolidación que se ha dado en la última década de los Métodos Combinados.

Los académicos que habían mantenido escepticismo e incluso rivalidad con metodologías de investigación distintas a las propias terminaron aceptando las bondades de ambas. Sin embargo, aún son escasas las definiciones para la investigación con métodos mixtos o combinados (Pardo Rodríguez, 2011). Las aproximaciones metodológicas mixtas permiten, entre otros beneficios, neutralizar o eliminar sesgos (Rodríguez Gómez y Valldeoria Roquet, 2014).

La investigación con métodos mixtos es una metodología de rápida expansión en las ciencias sociales y humanas en todo el mundo. Los métodos mixtos son un enfoque de investigación popular en los ámbitos social, conductual y ciencias de la salud, en las que los investigadores recopilan, analizan e integran datos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio o en un largo plazo sostenido programa de investigación para abordar sus preguntas de investigación (Creswell, 2013).

De acuerdo con este autor, en los registros de Proquest Search Engine de 1980 a 1984 había apenas tres disertaciones que usaron métodos mixtos en su tesis, para 2009 ya eran 2524, lo que demuestra no solo su aceptación, sino su utilidad, por lo que enlista las razones básicas para usar métodos mixtos las cuales se indican en seguida.

Una investigación necesita perspectivas diferentes, desde múltiples enfoques para un completo entendimiento; es necesario confirmar nuestras medidas cuantitativas con lo cualitativo, el registro de experiencias. Para explicar resultados cuantitativos se necesitan instrumentos, medidas o intervenciones para llegar a determinadas poblaciones, para mejorar nuestros experimentos; hay necesidad de recopilar datos de tendencias y perspectivas individuales de la comunidad, entre otras.

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación, e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias productos de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista, 2014). Para lograr esa comprensión completa del problema estudiado en esta tesis, se seleccionó este método.

Estos autores aseguran que cualquier especialista opta por una diversidad de fuentes de información para agenciarse de los datos necesarios para llegar a conclusiones que resuelvan el problema y nos proporcionan un claro ejemplo de la riqueza de la combinación de lo cualitativo con lo cuantitativo, como lo hacen en medicina con: a) pruebas de laboratorio que hace mediciones estandarizadas que producen datos cuantitativos; b) entrevistas a profundidad en la cual se incluyen preguntas cerradas (edad, si es fumador, si ha padecido ciertas enfermedades, qué tipo de ejercicio hace, cómo se alimenta).

En un mismo expediente médico también se hace un historial clínico con datos visuales como radiografías determinadas, gráficos, anotaciones interpretativas y mediciones anteriores, es decir, se recolectan y analizan datos cualitativos y cuantitativos y la interpretación es producto

de toda la información en su conjunto. Solo así, un médico puede llegar a conclusiones de cómo atender una enfermedad concreta.

Otro ejemplo que estos autores nos otorgan de lo necesario de los métodos combinados es una escena del crimen, donde se toman en cuenta técnicas cuantitativas (análisis de huellas, sangre, ADN, propiedades químicas de objetos, patrones de salpicadura de sangre y otras pruebas forenses) y técnicas cualitativas como fotografías, video, grabaciones de audio, levantamiento de muestras físicas, etcétera.

Los anteriores dos ejemplos, demuestran que, la investigación mixta en realidad es utilizada en muchas áreas del conocimiento, y que, los métodos cualitativos no son de uso exclusivo de las ciencias sociales y las humanidades. En cualquier área del conocimiento se usan técnicas cualitativas y cuantitativas.

En adición a los ejemplos de Hernández Sampieri Fernández y Baptista antes descritos, Fetters, Curry & Creswell (2013), también afirman que la investigación de métodos mixtos ofrece herramientas poderosas para investigar procesos y sistemas complejos, y en el área de la salud y el cuidado de la salud tenemos un ejemplo claro.

Estos autores, hablan de una integración en el nivel de diseño de estudio a través de tres métodos básicos mixtos: secuencial exploratorio, secuencial explicativo y convergente, y a través de cuatro marcos avanzados: etapas múltiples, intervención, estudio de caso y participativo. La integración a nivel de métodos se produce a través de cuatro enfoques. Al conectarse, una base de datos se vincula a la otra mediante muestreo. Con la construcción, una base de datos informa el enfoque de recopilación de datos de la otra.

Al fusionarse, las dos bases de datos se juntan para su análisis. Con integración, recopilación de datos y enlace de análisis en múltiples puntos. La integración a nivel de interpretación e informes se produce a través de la narrativa, la transformación de datos y la visualización conjunta. El ajuste de la integración describe el grado de coherencia de los hallazgos cualitativos y cuantitativos. La comprensión de estos principios y prácticas de integración puede

ayudar a los investigadores a aprovechar las fortalezas de los métodos mixtos, afirman Feters, Curry & Creswell (2013).

Otra evidencia del crecimiento del uso de métodos mixtos Una revista arbitrada a nivel nacional patrocinada por la Asociación de Investigación Educativa del Medio Sur y la Universidad del Norte de Florida publicaron en 2006 el libro “El problema de la validez en la investigación mixta. Investigación en las escuelas” (The validity issue in mixed research. Research in the Schools), que tuvo como editor invitado a R. Burke Johnson con la participación de una veintena de investigadores.

Dicho libro, reunió a un grupo de autores e instituciones para abordar una variedad de cuestiones: filosóficas, conceptuales, metodológicas, sociopolíticas y prácticas. Estos experimentados autores expertos abordan la integración de lo cuantitativos y lo cualitativo; de los métodos mixtos como forma de investigación social (Onwuegbuzie & Johnson, 2006).

### ***Metodología***

Por las diversas razones antes citadas, se realizó un estudio comparativo entre dos grupos a través de un cuestionario de salida compuesto por 33 preguntas, 11 de ellas de opción múltiple y dos preguntas abiertas que recogen datos cualitativos en tanto que, 20 preguntas numéricas arrojan datos cuantitativos. A este instrumento se le realizó la prueba de fiabilidad Alfa de Cronbach arrojando un 0.711.

El Estudio está dividido en dos partes, una evalúa la influencia de la VR: a) despertar curiosidad intelectual; b) motivación e interés por el tema proporcionado; c) si tiene influencia para despertar vocaciones científicas y, d) en qué medida sirve para incrementar el nivel de credibilidad de la información proporcionada, la otra parte, evalúa si la VR tiene influencia positiva para incrementar el nivel de comprensión y retención de la información.

Las preguntas del cuestionario de salida fueron diseñadas con base a las recomendaciones del Manual de Antigua de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) 2015, cuyo documento se hace con el fin de proponer una metodología común y

recomendaciones técnicas para recabar información sobre percepción social de la ciencia y la tecnología, a través de las encuestas a población adulta.

Esta encuesta es de carácter temático general y de alcance nacional que realizan en Iberoamérica los organismos responsables de la política científica y tecnológica de los 21 países participantes del programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo y otras instituciones y organismos nacionales de ciencia y tecnología (Polino, 2015).

El Manual de Antigua está dirigido a la comunidad académica de la región iberoamericana, cuyos temas de estudio son: la opinión pública y particularmente los indicadores de percepción, el análisis de la cultura científica, la comprensión pública y la participación ciudadana en ciencia y tecnología.

Para este grupo de usuarios, el Manual ofrece un mapa completo de la medición en el ámbito de la comprensión pública de la ciencia, en el cual se encuentran sugerencias para la definición de preguntas de investigación a través del estudio de asociaciones, correlaciones, diseño de índices y análisis estadísticos que permitan avanzar hacia una mejor comprensión de los fenómenos estudiados y, de esta forma, contribuyan a una mejora permanente de las estrategias de medición y de los alcances.

Adicionalmente, la metodología de esta tesis, incluye una observación participante durante la aplicación del cuasi-experimento, a fin de obtener mayores datos cualitativos, en la cual 19 profesores del mismo número de grupos participantes recolectaron los datos, apoyados con un formato semiestructurado que registró las impresiones que generó el uso de la tecnología de VR, lo cual se realizó con el objetivo recoger datos que no estuvieran previstos en las preguntas del cuestionario y en su caso, situaciones extraordinarias que pudieran suscitar durante el desarrollo del estudio.

Para el diseño de la herramienta utilizada durante el cuasi-experimento se produjo el contenido didáctico de la siguiente manera:

A) Se grabó en VR el aprovechamiento de los minerales en una explotación minera de cielo abierto, a fin de explicar los estudios científico–tecnológicos que hay detrás de esta industria para lo cual se hizo un convenio con la empresa Álamos Gold, ubicada en Mulatos, Sonora, México.

B) Después de la producción de los contenidos en VR se realizó una investigación documental sobre la producción científica en México y su lugar en el mundo, con la cual se diseñó la conferencia “Ciencia y minería, un caso de industrialización del conocimiento”.

### ***Selección del Contenido para Realizar el Estudio***

Para establecer el cuasi experimento fue necesario generar una conferencia con contenido científico y además sus contenidos en VR. Inicialmente se presentaron cuatro opciones como material con el que se diseñaría el contenido inmersivo: ciencia y arqueología (Sitio de arte rupestre Cueva de las Monas), ciencia y paleontología (Museo del Desierto Chihuahuense) ciencia y agricultura (La función de las abejas en el campo) y ciencia y minería.

Al principio de la presente investigación, se produjo el contenido en VR de los cuatro temas antes mencionados. Sin embargo, en las primeras pruebas piloto frente a un grupo, se determinó la necesidad de delimitar temas y optimizar el tiempo del que se disponía para realizar cada intervención y se decidió trabajar con uno solo.

Basado en las observaciones cualitativas de las primeras pruebas, se seleccionó el contenido de ciencia minería, debido a que era el área del conocimiento menos cercana a los sujetos participantes y, por ende, se podrían obtener resultados más objetivos del estudio.

El proceso técnico y científico de la explotación de minerales, fue seleccionado como un caso de tecnociencia e industrialización del conocimiento científico complejo de comprender fuera del círculo de los profesionales de minería y especialistas de esta área del conocimiento, y que, ante la gran demanda de tecnología, es una actividad cada vez más necesaria ante una sociedad que va incrementando el consumo de los minerales que se requieren para hacer aparatos tecnológicos.

Contradictoriamente, existe a la par, un crecimiento del rechazo por esta industria, sobre todo en las últimas décadas en las que ha sufrido un importante deterioro en su prestigio y su imagen pública en gran parte, por el desconocimiento de la sociedad, pese a que es una actividad que se remonta a más de cinco mil años (Montero Ruiz, 2010).

Sólo por mencionar un ejemplo de uso de tecnología que demanda minerales, existen 5000 millones de teléfonos en el mundo, 2000 de ellos, aparatos inteligentes, según la Asociación Mundial de Empresas de Telefonía Móvil (GMSA), el cual, tiene un comportamiento de consumo cada vez mayor y que registra un crecimiento constante.

Para la selección del tema de ciencia y minería como contenido del estímulo con el que se evaluaría la posible efectividad de la tecnología de VR para los objetivos antes planteados, se tomó en cuenta la perspectiva de Echeverría (2008) quien se refiere a la tecnociencia, cuando el conocimiento científico pasa a ser un instrumento, un medio para el logro de otros objetivos; por ejemplo, objetivos militares, empresariales, económicos, políticos o sociales.

La tecnociencia según este autor es un trabajo que no hace una sola persona, sino un equipo, una empresa, ya que se requiere una fuerte inversión para que se desarrolle, y se refiere a ella también como la economía de la ciencia que adquiere una relevancia enorme y tiene un futuro impresionante con un campo abierto a la innovación. Uno de los distintivos de esta industrialización del conocimiento, es que llega la inversión privada a la investigación científica y su producción la podemos afirmar con el registro de patentes.

Este cambio rompe con la cuestión de que el científico o el ingeniero tiene que vivir del Estado, ahora se asume que tienen que ser extremadamente competitivos en el mercado, es decir, convertirse en empresa y ser capaces de atraer inversión, pero conscientes de que quien invierte pide rentabilidad, capitalización en la bolsa, lo que se traduce en que la búsqueda de conocimiento y el desarrollo tecnológico están subordinados a la generación de riqueza. La mercadotecnia entonces se vuelve indispensable en una empresa tecnocientífica.

En este sentido podemos ejemplificar los casos de ciencia con fines empresariales que se registran como patentes ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) que en el

2017 obtuvo 10 409 patentes y para el 2018 hasta el mes de septiembre iban 8 509. En contraste, de acuerdo con el ranking de SCImago sobre la producción del conocimiento de instituciones de educación, en el 2017 se generaron 22 954 artículos científicos en México, lo cual significa que predomina la producción del conocimiento con recursos públicos más que de recursos privados.

Echeverría expone que un proyecto de investigación de megaciencia no podría avanzar sin la convergencia en el laboratorio y la estrecha participación de científicos y tecnólogos, de científicos e ingenieros, y todo impulsado por una política científica gubernamental. Hoy en día nos puede parecer común la existencia de la política científica, pero en 1904 era inexistente.

El cambio radica en la confluencia de estas cinco grandes culturas: científica, ingenieril, empresarial, política y hasta militar y, por lo tanto, en lugar de hablar de un sujeto individual capaz de investigar y de generar conocimiento, de producir invenciones, es necesario que existan estos cinco agentes para que se genere un cambio a nivel micro que es propio de la megaciencia.

Antiguamente, las controversias científicas se resolvían en la propia comunidad científica, pero ahora los conflictos de la ciencia dentro de la industria, por lo general, se resuelven en tribunales por lo que, uno de los factores necesarios para el éxito es tener a un experto en leyes internacionales que realice un buen contrato de patentes.

La ciencia que se realiza con capital privado, también tiene su sistema de valores, no significa que por tener intereses económicos puede pasar por encima de la ética, ya que se desarrolla dentro de un sistema de valores como el de la vida humana, los valores epistémicos propios de la ciencia como la precisión, el rigor, la coherencia, la generalidad, la fecundidad de una teoría o de una hipótesis científica, la adecuación empírica; los valores técnicos o tecnológicos como la utilidad, eficiencia, eficacia, facilidad de uso; los valores económicos; los valores ecológicos, políticos, sociales, estéticos, religiosos y morales.

Hacer ciencia fuera de las instituciones oficiales, ha generado desconfianza social, por lo que es necesario hacer estudios empíricos de percepción social. La tecnociencia es una nueva modalidad de poder; la sociedad ante este poder, por un lado, lo acepta y lo admira, porque sin duda las innovaciones son espectaculares; pero, por otro, lo rechaza en algunos casos, le

preocupa, desconfía, y esto supone un problema estructural que es necesario afrontar y es, quizá, una de las cuestiones más interesantes de la revolución científico–tecnológica plantea Echeverría.

Por las razones anteriores, se consideró que un caso representativo de este sector de la ciencia, de la megaciencia, está en la industria minera donde está presente la industrialización del conocimiento científico y a su vez, el rechazo de la actividad, pero también, una creciente demanda de su producto, una contradicción lo suficientemente controversial que justifica estudiarla.

### ***Prueba Piloto del Instrumento en Cuasi-experimento***

El objetivo de la implementación de la prueba fue validar la herramienta con la que se realizaría el cuasi-experimento, a fin de evaluar la posible utilidad de las imágenes en VR contra las audiovisuales e imágenes tradicionales en cuanto a su utilidad para:

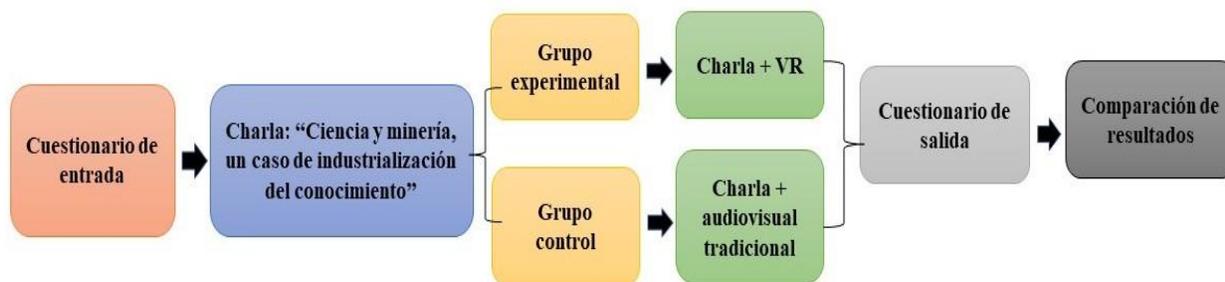
1) incrementar la curiosidad intelectual del usuario; 2) despertar la motivación e interés por el tema proporcionado; 3) conocer en qué medida incrementa el nivel de comprensión y retención de la información y 4) en qué medida aumenta el nivel de credibilidad de la información proporcionada y 5) recoger datos cualitativos que apunten a la posible utilidad de la herramienta para despertar vocaciones científicas y/o interés por la ciencia.

Para realizar la prueba piloto se realizó el estudio en varias etapas: 1) se aplicó un test de entrada a 40 sujetos participantes para conocer su nivel de conocimiento acerca del tema proporcionado (de ciencia y minería); 2) se impartió la conferencia “ciencia y minería, un caso de industrialización del conocimiento científico”; 3) al finalizar la participación en la conferencia se mostraron imágenes en realidad virtual al primer grupo e imágenes y audiovisuales tradicionales al segundo grupo; 4) se realizó de un test de salida a ambos grupos participantes.

Con los resultados anteriores, fue posible comparar entre ambos grupos. Sin embargo, al finalizar las intervenciones de la prueba piloto, se decidió utilizar únicamente el test de salida para optimizar el tiempo del que se disponía en cada intervención, ya que, para las demostraciones en VR que requerían mostrar al final de cada conferencia, se tuvo el problema

del tiempo y hubo que implementar una forma de economizarlo, de reducir las intervenciones a no más de 90 minutos cada sesión, lo cual fue posible solo eliminando el cuestionario de entrada. El proceso que se siguió durante la prueba piloto se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1. Esquema de prueba piloto



Fuente: Realización propia.

Durante la prueba piloto participaron estudiantes de carreras no afines al tema utilizado durante el presente estudio, con el objetivo de obtener la mayor objetividad en los resultados. Para evaluar el nivel de retención de la información y el nivel de comprensión del tema, se les habló de ciencia y minería como un caso de industrialización de conocimiento.

Lo anterior, debido a que la ciencia puede estar presente en cualquier área del conocimiento, se les preguntó cuánto conocían del tema de producción científica antes de participar en el cuasi-experimento, a lo que el 76% de los participantes externó que desconocía acerca del tema. Quienes manifestaron tener un acercamiento a la cultura científica, fue porque sus padres o algún familiar cercano trabaja en algún centro de investigación o es profesor investigador (Tabla 1)

Tabla 1. Fiabilidad interna del instrumento piloto para evaluar medios audiovisuales

Alfa de Cronbach		
Alfa de Cronbach	basada en elementos estandarizados	N de elementos
.711	.692	8

Fuente: Realización propia

Al instrumento utilizado durante el cuasi-experimento también se le realizó la prueba de fiabilidad ANOVA, con el objetivo de contar con mayores elementos que proporcionaran confiabilidad a los resultados del estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de no aditividad de Tukey

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	Chi-cuadrado de Friedman	Sig
Inter sujetos	62.594	35	1.788		
Intra sujetos					
Entre elementos	303.108	7	43.301	83.687	.000
Residuo No aditividad	7.850 <sup>a</sup>	1	7.850	16.107	.000
Balanza	118.917	244	.487		
Total	126.767	245	.517		
Total	429.875	252	1.706		
Total	492.469	287	1.716		

Media global = 2.906

La estimación de Tukey de potencia en la que se deben realizar observaciones para conseguir una aditividad = -.003.

Fuente: Realización propia

La segunda parte del estudio evalúa el nivel de retención de la información proporcionada y nivel de comprensión, la cual se hizo a través del tema de ciencia y minería con un test de entrada y de salida, posterior a presenciar una conferencia y ver contenidos en VR y contenidos tradicionales respectivamente, los cuales fue posible comparar.

A la herramienta utilizada en esta parte, también se le realizó la prueba de fiabilidad con el rigor estadístico de Alfa de Cronbach, así como el ANOVA con prueba de Friedman y prueba para no aditividad de Tukey con una fiabilidad del 76% (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de fiabilidad que mide la retención y comprensión de la información

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
.758	.784	11

Fuente: Realización propia

Esta Prueba de no aditividad de instrumento utilizado en cuasi-experimento evalúa utilidad de la VR para retención y comprensión de la información (Tabla 4).

Tabla 4. ANOVA con prueba de Friedman y prueba para no aditividad de Tukey

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	Chi-cuadrado de Friedman	Sig
Inter sujetos	105.444	35	3.013		
Intra sujetos					
Entre elementos	222.960	10	22.296	30.576	.000
Residuo No aditividad	.000 <sup>a</sup>	1	.000	.000	.995
Balanza	255.222	349	.731		
Total	255.222	350	.729		
Total	478.182	360	1.328		
Total	583.626	395	1.478		

Media global = 3.732

La estimación de Tukey de potencia en la que se deben realizar observaciones para conseguir una aditividad = .997.

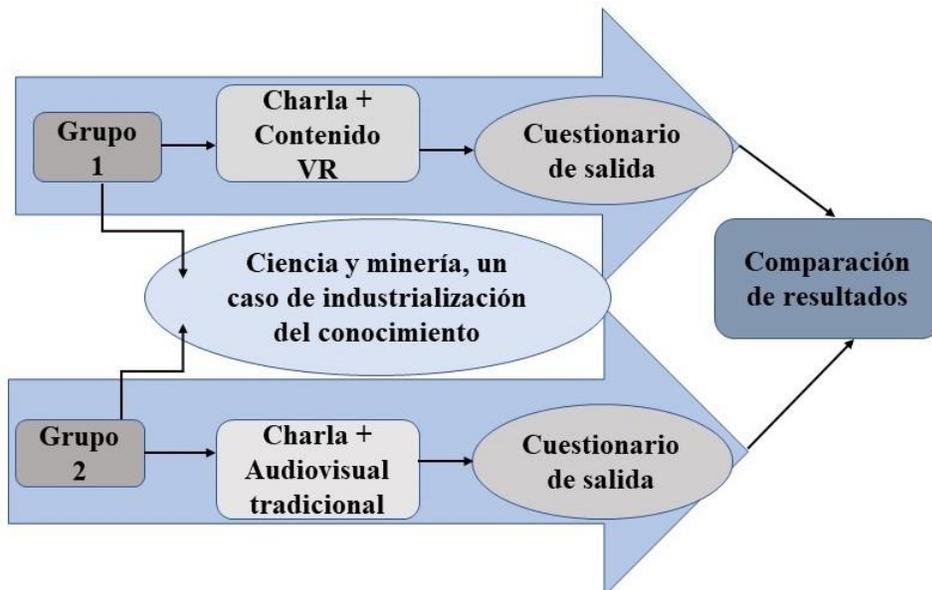
Fuente: Realización propia

### ***Descripción del Establecimiento del Cuasi-experimento***

Al Grupo 1) se le impartió la conferencia *Ciencia y minería, un caso de industrialización del conocimiento* y luego se le presentaron las imágenes en VR para posteriormente se les aplicó un cuestionario de salida (Anexo 1), adicionalmente, se registraron todas las observaciones relativas a comportamientos de los participantes (Anexo 2). Al Grupo 2) se le proporcionó la misma conferencia acompañada con videos e imágenes tradicionales y se realizó el mismo cuestionario de salida.

Con lo anterior, fue posible realizar una comparación entre las respuestas de los participantes y determinar si existe alguna diferencia en el aprovechamiento de la información, al proporcionarla por medios tradicionales a cuando se usa la tecnología en VR. El estudio en ambos grupos permite hacer una comparación (Figura 2).

Figura 2. Establecimiento del cuasi-experimento



Fuente: Realización propia

### ***Selección de la Muestra por Conveniencia; Recolección de los Datos en un Entorno Multicultural***

Para el desarrollo del presente estudio, se trabajó con una selección de muestra por conveniencia, la cual permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador (Otzen y Manterola, 2017).

También se le conoce como muestro por selección intencionada, la cual consiste en la elección por métodos no aleatorios de una muestra cuyas características sean similares a la población objetivo. En este tipo de muestreos, la representatividad la determina el investigador de modo subjetivo, el cual es útil cuando se pretende realizar una primera prospección de la población (Casal y Mateu, 2003). Esta opción de muestreo por conveniencia, se utiliza cuando se elige una población y no se sabe cuántos sujetos pueden tener el fenómeno de interés, aquí se recurre a los sujetos que se encuentren (Izquierdo, 2015).

En este estudio participaron 302 sujetos de los cuales 58.9% son mujeres y 41% por ciento hombres. La edad promedio de los participantes es de 20.2 años. El 44.7% vive en zonas rurales

y el 55.3% en zona urbana. El 49.8% es de clase socioeconómica media, el 29.5% media alta, el 16.9% baja y el 3.6% clase alta.

El 64.5% de los sujetos participantes estudia en universidad pública y el 35.4% en institución privada, el 35.4% fue del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), el 19.8% de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), el 44.7% de la Universidad Tecnológica de la Tarahumara (UTT) y de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) ambas ubicadas en el municipio de Guachochi, Chihuahua en la zona rural del estado.

El 48.1% de los participantes estudia carreras del área de humanidades, el 20.2% ingeniería y tecnología, el 19.2% ciencias exactas y naturales, el 9.7% ciencias sociales y jurídicas y el 2.3% del área económico administrativas. La recolección de datos se realizó en 19 grupos controlados y adicionalmente, participaron 40 estudiantes de la Universidad Regional del Norte (URN) de la ciudad de Chihuahua, en la prueba piloto que permitió hacer las correcciones pertinentes al instrumento utilizado.

La selección de los sujetos participantes en las cinco instituciones de estudios superiores se hizo a través de una invitación a participar en la conferencia “Ciencia y Minería; un Caso de Industrialización de Conocimiento”, en la misma invitación que se hizo pegando póster en el tablero de avisos de sus instituciones, además de circularla en formato virtual, se le agregó a la invitación “se dará una muestra en realidad virtual al finalizar la conferencia”.

Durante este proceso de recolección de datos, fue muy evidente que la razón por la que se logró atraer de manera voluntaria a los sujetos participantes fue el ofrecimiento del recorrido en VR, ya que, los participantes, manifestaron con frecuencia que su interés por el tema habría nulo si no se hubiera ofertado el recorrido virtual.

Incluso, en el caso de la conferencia donde se requería evaluar el efecto del uso de los contenidos de video e imagen tradicional, fue necesario también ofrecer el contenido en VR para lograr su participación. Es decir, se impartió la conferencia, se proyectaron las imágenes y videos tradicionales, se aplicó el cuestionario de salida, y como acto recreativo después de participar, se dio la demostración en VR.

En el caso de los grupos participantes que en el cuasi-experimento sí era parte del estudio incluir los contenidos de VR porque era necesario evaluar su efecto, no existió ningún problema para conseguir sujetos participantes, pues el hecho de vivir la experiencia del recorrido inmersivo fue suficiente para motivarlos a asistir.

## Capítulo II. Educación y Divulgación Científica Apoyadas en Tecnología de Realidad Virtual

Este capítulo, comprende el marco conceptual y el marco teórico que hablan sobre los distintos usos de la tecnología de VR, qué se ha logrado hacer con ella en beneficio de la educación, divulgación científica, como herramienta de inclusión, educación y conservación patrimonial, así como las definiciones básicas tanto de la VR, así como de sus diferencias técnicas con la RA y la RM.

Derivado de este apartado se publicó el artículo “Strategies for inclusive and safe education using virtual reality: from the digital library perspective” (*Digital Library Perspectives*, 35(3/4), 216–226. <https://doi.org/10.1108/DLP-08-2019-0034>), en el cual se propone el desarrollo de actividades educativas formales (contenidos científicos) y no formales (contenidos para la divulgación científica), de manera incluyente y segura, involucrando dos elementos fundamentales: la VR y la biblioteca digital, así como las implicaciones para su implementación como estrategias educativas en el ámbito universitario y para el fomento de la cultura científica en la sociedad civil.

### Marco Conceptual

Aquí se definen y analizan los conceptos utilizados durante todo el documento de tesis: VR, la diferencia entre ésta con la RA y la RM. En este apartado también se definen los conceptos de: apropiación social del conocimiento, innovación social, ciencia ciudadana y divulgación de la ciencia, con el fin de identificar las diferencias entre los objetivos de cada uno.

### *Realidad Virtual*

Es una base de datos interactivos capaz de crear una simulación que implique a todos los sentidos, generada por un ordenador, explorable, visualizable y manipulable y que, puede ser en “tiempo real” bajo la forma de imágenes y sonidos digitales, dando la sensación de presencia en el entorno informático (Levis, 1997).

Una de las descripciones de VR habla de la relación del ser humano con las computadoras o máquinas: comprende la interface hombre-máquina, que permite al usuario sumergirse en una

simulación gráfica 3D generada por ordenador y navegar, e interactuar en ella en tiempo real, desde una perspectiva centrada en el usuario (Pérez Martínez, 2011). La VR es una experiencia sintética mediante la cual se pretende que el usuario sustituya la realidad física por un entorno ficticio generado por ordenador.

Pérez Martínez (2011) afirma, además, que fue Lanier en 1989 quien le dio el nombre de Realidad Virtual a dicha tecnología, cuando fundó la compañía “VPL Research”, la primera en construir equipos de VR a nivel comercial y quien en la actualidad dice que “la idea en VR es “generar” realidad con otras personas. Estás haciendo sueños cooperativos todo el tiempo, en tanto que Lévy cree que lo virtual, en sentido estricto, tiene poco que ver con lo falso, lo ilusorio o lo imaginario. Lo virtual no es, en modo alguno, lo opuesto a lo real, sino una forma de ser, la VR es fundamentalmente una simulación computarizada de la realidad, siendo su principal característica la capacidad de proveer una inmersión sensorial.

La VR se refiere a la documentación de la realidad en un formato en tercera dimensión y 360 grados cuyos contenidos se pueden ver a través de lentes especiales para VR, dando una sensación inmersiva al usuario, de presencia en el lugar de los hechos, la RA, puede ser una recreación del pasado o del futuro, con fines explicativos, la cual, puede ser de escenarios reales o no, ya que, aunque es en tecnología de tercera dimensión y 360 grados que permite verla en inmersión, sus contenidos pueden ser inspirados en la realidad o ser ficción, en tanto que, la tercera, la RM, se trata de una mezcla de la VR y RA. La RM son contenidos que por lo regular se producen a partir de la realidad y se le agregan datos e imágenes con fines de incrementar la comprensión, con fines explicativos y demostrativos.

### ***Diferencia entre Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta***

Entre las tres tecnologías de RA, VR y RM que tienen en común ser inmersivas por su formato en 360 grados e imagen en tercera dimensión (3D), existe una diferencia entre ellas que Paul Milgram y Fumio Kishino desde 1994 llamaron Milgram–Virtuality Continuum, los cuales explican que entre un entorno real y un entorno virtual puro, está la llamada RM que a su vez

ésta se subdivide en dos: la realidad aumentada que es más cercana a la realidad y la virtualidad aumentada que es más próxima a la virtualidad.

Explicado por Ronald Azuma en 1997 la RM cumple estos tres requisitos: 1) combinación de elementos virtuales y reales, 2) interactividad en tiempo real y 3) información almacenada en 3D. La VR se esfuerza por simular por completo una experiencia sensorial inmersiva indistinguible de la real, a menudo utilizando tecnologías como auriculares que intentan privar por completo a los órganos sensoriales humanos como los ojos de cualquier estímulo externo a lo que se genera artificialmente por la tecnología VR.

La RA se esfuerza por superponer capas adicionales de medios útiles (por ejemplo, procesables, descriptivos, informativos, direccionales) a lo real sin reemplazarlo (Massis, 2015). El concepto de RA, fue creado por Tom Caudell en 1990, mientras trabajaba en la empresa de producción de aviones Boeing, con la cual traduce la integración de imágenes virtuales en el mundo real, es decir, la realidad se ve aumentada por elementos virtuales.

La integración de dichas imágenes se realiza mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), a través de un dispositivo móvil con cámara (computadora, tableta, teléfono móvil con sistema operativo Android o iOS) que permite el acceso a los contenidos disponibles. Una característica que ofrecen las aplicaciones de RA es la integración e interacción entre lo real y lo virtual (Coimbra et al., 2015).

La RA puede considerarse la superposición de información virtual en el espacio real, mezclando objetos virtuales generados por computadoras con un entorno real, generando un entorno mixto que se puede ver a través de cualquier dispositivo tecnológico en tiempo real. Un término general para tecnologías que implican la fusión de mundos real y virtual (Menorath y Antonczak, 2017). La mezcla de la VR y RA es una creación del mundo 3D virtual en el que uno puede sentir el mundo como si fuera real.

La RA permite a los ingenieros diseñar máquinas y educadores para diseñar equipos en tiempo real, pero en hologramas tridimensionales como si el material real se estuviese fabricando y trabajando, permite un mecanismo que puede ser incluso más poderoso que el mundo real, ya

que le permite a casi cualquier persona “sentir el mundo prohibido” (Nachimuthu y Vijayakumari, 2009).

La VR y RA es lo más parecido que tenemos a la Máquina del Tiempo, en tanto que nos permite recrear virtualmente cualquier tipo de espacio en tres dimensiones y situarlo en cualquier época, incluso en el futuro, con un grado de realismo completamente creíble (Sacristán, 2016). Tanto la VR como la RA y la RM, coinciden en que son una tecnología inmersiva que está sirviendo para fines de comprensión de información científica, para educación en geología, medicina, arqueología, entrenamiento militar y otras áreas, e incluso para fines de turismo.

Lo anterior, gracias a que la RA permite que elementos virtuales sean introducidos en un entorno real (Selzer, 2018). La RA es una tecnología que busca potenciar la actividad de los individuos con el medio que los rodea, para esto se ayuda de la información contenida de cada objeto que puede observar o con el que pueda interactuar; a diferencia de la VR, esta no extrae al individuo de la realidad para ponerlo en una realidad totalmente virtual, no reemplaza el mundo real por uno virtual, en tanto que la RA mantiene al individuo en el mundo real y lo complementa con información virtual, con la que incluso puede interactuar (Melo, 2018).

### ***Apropiación Social del Conocimiento***

El concepto de apropiación social es una construcción que data del siglo XX, etimológicamente proviene del latín *appropriare*, que es la acción de convertir algo en propiedad, de hacer que algo se vuelva propio, suyo. Dicho de otro modo, una persona se apropia de un objeto o idea y, al personalizarla o convertirla en suya, adquiere además unas competencias que le permiten aplicarla.

La apropiación es un proceso a la vez individual y a la vez social (Jaillier et al., 2015). Su pertinencia científica y social describe el proceso de interiorización progresiva de competencias técnicas y cognitivas entre los individuos y los grupos que manejan cotidianamente estas tecnologías (Proulx, 2005).

La apropiación social del conocimiento es un proceso que implica, por un lado, la disposición de los conocimientos científicos y tecnológicos en un escenario y lenguaje comunes para la sociedad; y por otro, que el ser humano hizo suyos tales conocimientos como elementos útiles y necesarios para su beneficio y provecho (Chaparro, 2001; Marín Agudelo, 2012).

Desde la óptica de la sociedad del conocimiento, significa, entonces, la democratización del acceso y uso del conocimiento científico y tecnológico, como estrategia para su adecuada transmisión y aprovechamiento entre los distintos actores sociales, que derivará en el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y sus integrantes.

Este concepto significa la integración de los diferentes sectores de la sociedad orientados a propiciar espacios de discusión y retroalimentación sobre los conocimientos científicos y tecnológicos, mediante estrategias de difusión y divulgación, pero también de educación, formal e informal.

La apropiación social del conocimiento busca la interiorización de las representaciones de la ciencia, la tecnología y la innovación, lo cual implica que comunidades científicas, el sector político y la sociedad en general participen en la construcción de políticas públicas incluyentes sobre ciencia y tecnología (Marín Agudelo, 2012), ante un mundo donde la ciencia es a menudo presentada como una actividad situada fuera y por encima de la esfera de la comprensión normal.

Lo anterior supone que, sectores sociales que usen más intensamente la información y conocimiento disponibles y sean capaces de desatar procesos de experimentación y aprendizaje en una variedad de datos, busca reducir la brecha que separa al ciudadano común de la ciencia, dándole así los medios para que se forme una opinión sobre las prácticas y las políticas que afectan su vida cotidiana y pueda participar con más conocimiento y responsabilidad (Vessuri, H., 2002).

Un importante antecedente de la historia reciente de la comprensión pública de la ciencia está en el Reino Unido en 1985 con el Informe Bodmer y después el informe de la Cámara de los Lores "Ciencia y Sociedad", publicado en el 2000, con los que se registró un indicador de cómo cambiaron las actitudes en esos 15 años. Uno de los principales resultados fue la creación de la

encuesta Public Understanding of Science (Comprensión pública de la ciencia) abreviada como PUS con la cual se establecieron una serie de esquemas para promover la comprensión social de la ciencia y lograr una mayor alfabetización científica (Miller, 2001).

Inevitablemente, hablar de comprensión del tema científico, lleva a plantear el acceso a la información abierto o gratuito, un tema que se tornó delicado durante la sesión plenaria que celebraba los 20 años de la comprensión pública de la ciencia en 2011, e inició el debate del porqué el lector paga, si el propósito es llegar a la sociedad, porqué las bibliotecas y las personas tienen que pagar por conocer (Bauer y Jensen, 2011).

### *Ciencia Ciudadana*

Se entiende por este concepto a los procesos de investigación científica llevada a cabo por distintas colaboraciones, tanto provenientes de las comunidades científicas como de personas de la sociedad en general. Es concebida como la recopilación y análisis sistemático de datos, el desarrollo de la tecnología, las pruebas de los fenómenos naturales y la difusión de estas actividades por los investigadores sobre la base vocacional de servicio a la comunidad (Invernizzi, 2004; Finkelievich y Fischnaller, 2014).

Se trata del compromiso de la sociedad civil en actividades de investigación científica que incluso influyan en la toma de decisiones. Los proyectos de ciencia ciudadana pueden clasificarse en función de su tipo de participación voluntaria en:

- a) Proyectos contributivos: en los que sus participantes ayudan con la recopilación de datos y puntualmente ayudan a analizarlos y difundir resultados.
- b) Proyectos colaborativos: los participantes también analizan muestras y en ocasiones ayudan a diseñar el estudio, interpretar los datos, sacar conclusiones o difundir los resultados.
- c) Proyectos co-creados: los participantes colaboran en todas las etapas del proyecto, incluyendo definición de preguntas, desarrollo de hipótesis, discusión de resultados y respuesta a nuevas preguntas (Senabre Hidalgo et al., 2018).

Durante los últimos 20 años, han surgido en todo el mundo miles de proyectos de ciencia ciudadana que involucran a millones de participantes en la recopilación y / o procesamiento de datos basados en planes de estudio y ciencia comunitaria.

Fundamentado en que la ciencia ciudadana puede contribuir positivamente al bienestar social al influir en las preguntas que se están abordando y al dar voz a las personas en la toma de decisiones ambientales locales. Si bien no todos los proyectos de ciencia ciudadana están destinados a lograr un mayor grado de comprensión pública de la ciencia, aquellos proyectos que sí lo hacen a través de cuatro categorías principales: 1) diseño de proyectos; 2) medición de resultados; 3) participación de nuevas audiencias y 4) nuevas direcciones para la investigación (Bonney et al., 2016).

Algunos de los exitosos ejemplos de ciencia ciudadana es la *conferencia de consenso* iniciada por la Junta de Tecnología de Dinamarca, una agencia parlamentaria encargada de evaluar tecnologías y cuyo proceso tiene el objetivo estimular un debate social amplio e inteligente sobre cuestiones tecnológicas.

Este organismo, entre 1987 al 2000, organizaron 12 conferencias de consenso sobre temas que van desde la ingeniería genética hasta la tecnología educativa, la irradiación de alimentos, la contaminación del aire, la infertilidad humana, la agricultura sostenible y el futuro de los automóviles privados, lo han hecho en Países Bajos, en el Reino Unido, en otros países de la Unión Europea, además de Canadá, Nueva Zelanda y Australia (Sclove, 2000).

La ciencia ciudadana durante la última década se ha convertido en un foco de esperanzas y expectativas, vista como una situación en la que todos ganan, donde los científicos obtienen ayuda del público y los participantes obtienen una experiencia de participación y aprendizaje. Sin embargo, en la parte metodológica/epistemológica y ética puede presentar posibles trampas, por lo que se ha sugerido establecer metas modestas en lugar de expectativas poco realistas (Riesch y Potter, 2014).

El uso y la utilidad de la ciencia en la sociedad a menudo se ven influenciados por la estructura, legitimidad y eficacia del proceso de investigación científica. La participación pública

en la investigación científica es un campo de práctica creciente con el objetivo de mejorar tanto el conocimiento público como la comprensión de la ciencia (divulgación educativa) y la eficacia y capacidad de respuesta de la investigación científica, la práctica y la política, no obstante, se ha señalado falta de indicadores que puedan evaluar esta práctica (Haywood y Besley, 2014).

Hablar de ciencia ciudadana conlleva a un compromiso público bidireccional con la ciencia, un importante factor democrático moderno. La ciencia se ve cada vez más como un agente crucial para asegurar la competitividad (Welsh y Wynne, 2013). A menudo la ciencia ciudadana tiene que ver con temas de investigación del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad.

Por lo anterior, una de las dificultades de la ciencia ciudadana es el cómo mantener y resistir las relaciones perdurables entre el científico y la comunidad, especialmente cuando se trata de agricultores el experto reporta dificultad para mantener su asimetría y la autoridad ante una comunidad que difícilmente aceptan tener desconocimiento de su territorio (Castro y Mouro, 2016).

### ***Divulgación de la Ciencia***

Divulgar la ciencia, significa acercar al público al conocimiento científico para que, en alguna medida, se apropie de él y, en conjunto con divulgadores, científicos, maestros, museos e instituciones, participe de una cultura científica incluyente compuestos de software y hardware (De Antonio Jiménez et al., 2000).

Ante la claridad de que la ciencia y la tecnología afectan la vida de todos tanto en roles como ciudadanos, trabajadores, consumidores, legisladores e investigadores, y es clave para el desarrollo individual, social y económico. La comprensión y el compromiso del público con la ciencia se han medido y supervisado a lo largo del tiempo en muchos países, lo cual ha inspirado a otros.

Lugares como Sudáfrica ahora aspiran a una economía basada en el conocimiento para su desarrollo y lo primero que han afirmado como la trayectoria para conseguirlo, es tener a un

público educado e informado sobre los avances en ciencia y tecnología a través de la divulgación científica (Reddy et al., 2009). Pero llegar a la divulgación científica no es tarea sencilla, ya que depende de la confianza del investigador hacia el periodista, pues mientras que, el primero produce la información y la proporciona al reportero, el segundo se encargará de hacerla llegar a la sociedad. Sin embargo, la relación entre ellos a menudo tiene "barreras".

Una reciente encuesta sobre las interacciones de los científicos con los medios de comunicación en la que participaron 1,354 científicos de los Estados Unidos, Japón, Alemania, Reino Unido y Francia, el 93% indicó que el mayor beneficio que le encuentran a parecer en medios de comunicación masiva, es aumentar la apreciación de la ciencia por parte del público, pero que se sentían inseguros por la falta de control de lo que se iba a publicar (Peters et al., 2008).

Este mismo estudio arroja que nueve de cada 10 científicos identificaron el "riesgo de cotización incorrecta" y ocho de cada 10 consideró que la "imprevisibilidad de los periodistas" también fue un problema; el 39% encontró una "reputación personal mejorada entre compañeros", después de aparecer en medios de comunicación; el 57% dijo que estaban "mayormente complacidos" sobre su "última aparición en los medios "y solo el 6% estaban" insatisfechos".

Dado lo anterior, se espera cada vez más sean los propios científicos quienes también participen en la comunicación pública de la ciencia, que hagan una labor de divulgación de sus propias investigaciones, aunque con frecuencia informan que se sienten inadecuadamente preparados para tal actividad. La formación necesaria para ello se discute en la historia reciente de la literatura sobre comunicación científica, han surgido iniciativas para apoyarlos en ello, se ha dado valor a la formación comunicativa que oriente al diálogo y estimule la reflexividad (Trench & Miller, 2012).

Para el CONACYT (2017), en México, la divulgación de la ciencia es una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar conocimiento científico utilizando para ello una diversidad de medios. Dicha comunicación va dirigida a distintos públicos (voluntarios), recreando el conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible. La calidad

se estima en función de la originalidad, del impacto y de la nitidez con que se transmite el conocimiento.

Los conceptos se dividen en difusión, divulgación y comunicación de la ciencia, que no son lo mismo. La comunicación de la ciencia es una acción "activa", o en otras palabras un "ir y venir" de conocimientos, opiniones, críticas y aclaraciones. El diálogo que supone la comunicación de la ciencia intenta llamar la atención sobre algún tema relevante de la misma, entusiasmar por saber más acerca de una cuestión científica o inducir a buscar mayor información para entender mejor lo publicado (Estrada, 2017).

Antes de llegar al concepto de divulgación científica se ha pasado por otros conceptos como la "ciencia popular" que implica un intento por hacer Ideas científicas accesibles a un público no profesional, la "ciencia popular" que se relaciona con la no ficción, aunque se utilice la narración como un vehículo para transmitir conceptos científicos, hoy lo etiquetado como "ciencia popular" suelen estar escritos por científicos profesionales o escritores científicos (Bucchi, 2008)

### ***Innovación Social***

Se trata de una innovación no orientada al mercado, sino a la apropiación del conocimiento, son aquellas innovaciones para transmitir el conocimiento. Está basada en conocimiento y tecnología, pero que genera indicadores de aceptación social, no sólo económicos, son innovaciones no orientadas inicialmente al mercado, sin perjuicio de que, dada su aceptación, surgen posteriormente empresas y mercados en torno a dicha modalidad de conocimiento tecnológico (Echeverría, 2008).

La innovación social para se refiere a nuevas ideas que resuelven oportunidades sociales y culturales. Es una acción transformadora concreta, generalmente de carácter colectivo, que ofrece una respuesta a un problema social determinado, mediante procesos, técnicas y formas de organizar la acción de una comunidad (Manzini, 2006a, 2006a).

La innovación social está impulsada por los cambios en el comportamiento, más que por la tecnología o el mercado y se desprende de iniciativas locales, comunitarias, del ser social, que están dispuestos a participar en la construcción social a partir de la conciencia de una necesidad no resuelta (Jaillier et al., 2015).

Existe un consenso general en usar el término para describir un proyecto novedoso que tiene un fin social; su enfoque, escala y orientación pueden variar considerablemente, según el contexto en que se desarrolla. La Comisión Europea publicó la Guía de Innovación Social en la que define dicho concepto como innovaciones que son sociales, tanto en su fin como en su proceso, que no sólo son buenas para la sociedad, sino que impulsan la capacidad de los individuos para actuar (Buckland y Murillo, 2014).

### **Marco Teórico**

Este apartado se compone de tres elementos fundamentales: descripción de los aspectos relacionados con la historia de la VR y su evolución a RA y RM, la contextualización de la apropiación social del conocimiento, la relación de la VR y RA con el ámbito educativo y como herramienta para transmitir conocimiento.

#### ***Acercamiento a la Historia de la Realidad Virtual***

La tecnología de VR, tuvo sus inicios en 1980, aunque el término como tal, nació en 1989 cuando Jaron Lanier, fundador de “VPL Research”, la primera compañía en crear esta tecnología en niveles comerciales, le dio este nombre al dirigir el equipo utilizado por la milicia en Estados Unidos para el entrenamiento de sus soldados y para 1992, el tema inspiró al cine en la película “El Cortador de Césped”, posteriormente llegaría a los videojuegos (Pérez Martínez, 2011).

Uno de los estudios más recientes alrededor de la VR se realizó con una búsqueda dentro de la plataforma de Web of Science, la cual arrojó 45 iniciativas para el uso de la VR tomando en cuenta un periodo de 1998 al 2017, de las cuales 30 tienen una estrecha relación con la educación.

En este 'mapeo' internacional destacan las investigaciones científicas desarrolladas en E.U, Reino Unido, España, Eslovaquia, República Checa y tres de México; en 2004 la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) arrancó su primer laboratorio de VR para la divulgación de ciencia: el Observatorio Ixtly; en el mismo año, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) abrió un museo virtual de arte (Piscitelli Altomari, 2017).

La Universidad de Stanford en Estados Unidos, en el 2009 también documentó 230 experimentos con VR que se habían hecho hasta ese año en las diversas universidades del mundo, 69 de ellos aplicados a investigaciones de ciencias sociales y cuya conclusión fue que es una tecnología especialmente útil para los científicos sociales (Fox et al., 2009).

La documentación a cerca de la VR, de los autores antes mencionados, refieren que entre los primeros intentos para estudiar los resultados de la VR en educación se puede mencionar el Laboratorio de Visión Electrónica de Chicago (EVL) donde se inventó el "Computer Automatic Virtual Environment" en 1992, basado en la proyección de imágenes sobre unas paredes translúcidas de manera que múltiples usuarios pudieron interactuar entre ellos y dentro de un entorno virtual compartido.

Luego llegaría a las aulas, en concreto a clases de medicina con la creación de pacientes virtuales o mejorando la calidad de vida de personas con largo tiempo de hospitalización cuando pueden sumergirse en ambientes ajenos a la sala de un hospital gracias a los recorridos virtuales; sus aplicaciones en la psicología para el tratamiento de fobias, trastornos alimenticios, aplicaciones en VR para ingeniería, arquitectura y arqueología.

Pese a lo anterior, se ha llegado a la conclusión de que es necesario investigar las condiciones en las que la VR es útil y beneficiosa y en cuáles no, pues no se trata de utilizarla de forma indiscriminada, es necesaria una evaluación que nos indique en qué situaciones puede ser recomendable y en cuáles no, destaca Zapatero Guillén (2011).

La tecnología de VR ha abierto la puerta a nuevas posibilidades educativas, denominada "aprendizaje experiencial y significativo" que se obtiene cuando el estudiante o usuario se sitúa en medio de la acción y es partícipe de lo que ocurre a su alrededor en el mundo virtual.

En una revisión de la literatura científica sobre VR aplicada a través de los dispositivos digitales móviles en España entre los años 2000 y 2017, se encontró un creciente interés por esta tecnología para la educación a partir del 2015, año en que se dio la universalización del Smartphone y el abaratamiento de los visores de VR, particularmente a partir del visor Google Cardboard que además permitió llegar a los museos (Aznar Díaz et al., 2018).

En las últimas dos décadas, la tecnología ha cobrado importancia en todas las áreas del conocimiento, con el fin de que las personas se mantengan comunicadas y puedan transmitir conocimiento a través de herramientas tecnológicas, entre ellas la VR. Lanier (2014) la considera una tecnología que se ha convertido en una extensión de la mente humana, y con él coinciden Biocca y Delaney (1995).

Estos autores consideran que la VR es un medio para la extensión del cuerpo y la mente, dada su capacidad de capturar en 3D y 360 grados de la realidad y recrear entornos basados en la realidad con la RA que proporcionan una multitud de experiencias sensoriales.

Entorno a ello, la empresa Google generó herramientas virtuales para fines educativos y fundó “Google Outreach” para cuando los estudiantes abordan temas sociales. A través de la plataforma en internet “earth” y “outreadi” en las que se puede ver cómo usan la tierra las organizaciones sin fines de lucro para visualizar su causa y contar su historia además de que, los lugares de importancia histórica, natural y cultural, pueden ser explorados en Google mundialmente (Lamb y Johnson, 2010).

Posteriormente, nació Google Expediciones junto con los equipos económicos de VR, dirigidos a escuelas públicas, herramienta que ofrece una experiencia inmersiva para conocer el fondo del mar, el cuerpo humano, los mejores museos del mundo, la superficie de la Luna, el sistema solar, diversos lugares del mundo documentados por esta empresa en alta definición y en formato tridimensional que junto con *National Geographic* también generó contenidos en VR (McKnight et al, 2016).

Un proyecto similar nació en 2016 en el estado de Quintana Roo, México, donde se lanzó un aula virtual móvil auspiciada por Hypnogenic para el Consejo Quintanarroense de Ciencia y

Tecnología (COQCYT) en la que ofrecen experiencias sensoriales de aprendizaje de ciencia, cultura con viajes simulados al sistema solar y Marte, así como a algunos lugares históricos, a fin de despertar el interés, especialmente entre comunidades que tienen un acceso limitado o inexistente a espacios de divulgación científico–tecnológica (Manea et al., 2016).

En otro caso en México, se montó el museo móvil “El Camino de la Ciencia” para estudiar la influencia que podría tener la ciencia en los niños y jóvenes para despertar vocaciones científicas en seis localidades de Veracruz, donde se encontró que el museo móvil fomenta la construcción del conocimiento científico y la asimilación del mismo; permite la socialización del conocimiento ya que funge como un mecanismo lúdico e inteligible para niños, jóvenes y adultos, aunque en el nivel primaria se enfatiza una mejor asimilación (Valdez Córdoba et al., 2014). Otro es el Laboratorio Nacional de Visualización Científica Avanzada (LNVCA), que se encuentra albergado en el Campus Juriquilla, en Querétaro, México.

Este último fue auspiciado por el CONACYT, en una iniciativa conjunta entre la UNAM y la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), para dar servicio a investigadores de la región, apoyar la docencia en programas de posgrado, divulgación científica para estudiantes y el público en general, dar servicio a organismos del sector público y a la industria regional, según información obtenida del sitio oficial de la Unidad de Computo Avanzado del centro de geociencias UNAM en 2017.

También la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) en México, en 2013 inauguró un laboratorio de innovación y aprendizaje en convenio con *National Geographic Learning/Cengage*, denominado UACH–NatGeo con contenidos en VR, ubicado en el Campus I de la institución y cuyo objetivo es despertar el interés de los estudiantes por explorar, además de promover el respeto por el medio ambiente.

Para 2017, las líneas de trabajo evolucionaron a generar nuevas metodologías de enseñanza para alumnos y maestros utilizando tecnología, entre ella la VR y el laboratorio generó la plataforma “linnealab.org” que busca impactar experiencias innovadoras en espacios de aprendizaje no formal, como museos, eventos y centros interactivos de ciencia y toda información

que generan y la institución la comparte con todas las universidades públicas de América Latina (Linealab, 2017).

En un estado del arte consultados alrededor de contenidos de VR y especialmente de RA en contextos educativos, se encontró que ésta puede fomentar la motivación, la comprensión y especialmente para el aprendizaje de las matemáticas, pues la RA permite el desarrollo de contenidos como libros, instrucciones o presentaciones, archivos tridimensionales, videos explicativos y/o imágenes por lo que es útil en varias áreas de estudio y aprendizaje donde representa un valor agregado (Coimbra et al., 2015).

Prueba de lo anterior es que empresas privadas han encontrado la oportunidad de crear libros didácticos en RA, la empresa “Aumentaty” tiene contenidos de este tipo disponibles en su página ar-books, además de ofertar el desarrollo de software como el realitat3 que contiene objetos de RA para la docencia en los que el alumno puede crear y visualizar modelos 3D y manipularlos. Pese a lo anterior, la oferta de este tipo de recursos es aún escasa, lo deseable sería que el desarrollo de plataformas y aplicaciones educativas en RA o VR permitan al profesorado crear y compartir materiales propios de una forma sencilla (Prendes, 2015).

Por otra parte, los videojuegos que llegaron a la sociedad civil como una fuente de entretenimiento, ahora están siendo estudiados como una herramienta de aprendizaje. Uno de los estudios se ha realizado entre 160 estudiantes de Taiwán entre los a los que se les evaluó el rendimiento, el aprendizaje y la motivación al usar la tecnología VR y se demostró que sí hay una diferencia entre el grupo que usó la VR contra el grupo que no tuvo acceso a esta tecnología, (Bhagat et al., 2016).

A medida que el hardware se vuelve más confiable y el software más accesible, los sistemas de VR se vuelven más fáciles de operar, sin embargo, aún no es un sistema lo suficientemente accesible, es posible que en un medio plazo se conviertan en una herramienta común, pero por ahora, la producción de estos contenidos aún involucra personal de diferentes habilidades y disciplinas.

Un caso es el de New Holland, donde personas de ingeniería, marketing y diseño industrial se reúnen en el laboratorio de VR para la toma de decisiones en el diseño de productos (Berg y Vance, 2017). El uso y aplicación de recursos tecnológicos e informáticos ha crecido en muchas áreas del conocimiento, en la ingeniería, en las telecomunicaciones, en las ciencias aplicadas como la aeronáutica y aeroespacial, hasta llegar al área automotriz donde se están desarrollando aplicaciones en VR para la construcción de vehículos deportivos, todo terreno, recreativos, autobuses, camiones, motocicletas, aquellos que se fabrican para las competencias Grand Prix o Fórmula uno.

Esto fue posible por medio de la generación de prototipos virtuales con proyectos estudiantiles desde las universidades, como Fórmula SAE®. Con lo cual, se logró una importante reducción de costos en los diseños (Ramírez Muñoz, 2017); asimismo, con la VR se pueden validar máquinas o mecanismos de manera interactiva y en tiempo real, validación de ensamble, hacer estudios de mercado.

Con este modelo de prototipo, el cliente final del producto puede opinar sobre características físicas y funcionales del diseño, desde antes que éste se elabore, lo cual reduce costos, aumenta a calidad y el desarrollo operativo desde etapas tempranas del diseño. Uno de los casos más éxitos lo tiene la Cámara México Alemana de Comercio (CAMEXA) con una sala de presentación de productos utilizando VR (Cruz Morales et al., 2006).

Con la herramienta de VR, también se están generando pintores y escultores digitales, que gracias a la producción de plataformas tecnológicas que les permiten hacer trabajos en 3D y en realidad virtual, existe ahora la opción de hacer arte sin materiales físicos (McGraw et al., 2017). En una revisión de las obras pioneras de primera generación de VR a través del alcance de la exploración artística se propusieron cuatro placeres estéticos clave en la experiencia de VR: inmersión, agencia, navegación y transformación (Kim, 2016).

La empresa Google generó ya aplicaciones para este mercado y ahora cuentan ya con herramienta de VR para las artes digitales, entre las que se pueden destacar la Tilt Brush y la HTC

Vive, destinadas para pintores o escultores, divulgadas con una amplia aceptación en el canal de YouTube Opposable VR.

Con la idea de que la imagen tridimensional sumergida, producida por la VR vale más que cualquier otra imagen o palabras según Coimbra (2018), se puede sugerir que la herramienta VR podría ser parte de los alcances de la comunicación estética que Forrest (2006) planteó en su “Manifiesto Para la Estética de la Comunicación. Signo y Pensamiento” que busca hacer de la comunicación una experiencia estética, que se comunique con arte. Forrest habla de generar procesos de interacción entre individuos, acelerando y activando la comunicación y la innovación. El artista de la comunicación transmite a través de los medios masivos en lugar de los museos, por lo que amplía el círculo de los destinatarios.

Las experimentaciones con arte y tecnología que se han venido multiplicando en estos tres últimos decenios con la utilización, por los artistas, de diversas formas de realización, producción y distribución, posibilidad acentuada con la introducción de la Web, incluyen contenidos en VR y RA, y lo cual ha hecho posible que la sociedad tenga a su alcance el arte sin que la distancia sea un impedimento, independientemente de la ubicación, contribuyendo así a la posibilidad tecnológica de difusión de muchos para muchos.

Al introducir estas tecnologías, nace el concepto de la estética de la comunicación, creado por Mario Costa, profesor de estética de la Universidad de Salerno, el artista francés Fred Forest y el artista argentino Horacio Zabala. El primero de ellos, que desde 1983 habló de una fusión del arte, la tecnología y la ciencia e incluso creó sus propios eventos de la estética de la comunicación entre los que destaca el 17<sup>a</sup> Bienal Internacional de São Paulo, Brasil, “Nuevas Mídias el Evento Arte y Videotexto”. En dicho evento se expuso sobre los nuevos escenarios que genera la VR compartida con la que nace lo que se denominó el nuevo nómada cultural (Prado, 2008).

Por otro lado, la VR también se ha estudiado en el área de la salud mental, especialmente para atender problemas psicológicos, algunos psiquiátricos y otros muy específicos de rehabilitación física o motriz que le han encontrado utilidad, en diversos niveles. A través de un

videojuego en VR en un ensayo clínico aleatorizado con 40 pacientes con esquizofrenia, 20 en el grupo experimental y 20 en el grupo control.

El grupo experimental recibió 10 sesiones con Nintendo Wii® durante cinco semanas, 50 minutos cada sesión, dos días por semana, además del tratamiento convencional y encontraron resultados estadísticamente significativos y clínicamente relevantes que apuntan hacia la viabilidad de incorporar el uso de VR para lograr una mejora de las capacidades cognitivas y funcionales, así como de la calidad de vida, con equipos VR de bajo costo (López-Martin et al., 2016)

También se ha experimentado con VR para terapia en pacientes con ictus (embolia, trombosis) en busca de mejorar la función motora del miembro superior, y mejorar la realización de las actividades de la vida diaria, así como para el equilibrio estático-dinámico; hasta ahora se le ha encontrado utilidad en la recuperación motora del miembro superior en pacientes con ictus.

En una investigación documental para conocer cuánto se ha estudiado la VR con estos fines, se localizaron 178 referencias bibliográficas del mismo número de estudios, donde se concluye que la VR presenta un futuro prometedor en salud, ya que cada vez es menos costosa, lo cual permite realizar tratamientos más intensivos, y no necesita supervisión constante por parte de los terapeutas (Viñas-Diz y Sobrido-Prieto, 2016).

Por otra parte, el Departamento de Comunicación de la Universidad de Stanford, realizó el estudio “Virtually True: Children’s Acquisition of False Memories in Virtual Reality” (traducido como: virtualmente cierto: la adquisición de recuerdos falsos al ver contenidos en realidad virtual por parte de los niños), por lo que, concluyó que se debe tener precaución en la edad de uso de esta tecnología que podría confundir a los niños.

De los resultados del estudio anterior, surgió la recomendación para los científicos sociales en comunicación y psicología, activistas de medios digitales, profesionales en el campo y el público en general, que deben estar informados sobre los beneficios y precauciones del uso de este medio digital (Segovia y Bailenson, 2009).

En otro contexto del área de la salud, diversos estudios han planteado la eficacia y utilidad que tiene la VR en entornos oncológicos, con el objetivo de reducir síntomas y nivel de distrés, así como promover la disminución de emociones negativas y favorecer el afrontamiento de la enfermedad durante el tratamiento.

Diversos estudios han encontrado beneficios de poder ofrecer a pacientes, viajes virtuales que les hagan sentir que salieron del espacio físico de hospitales, por lo que ha surgido la propuesta de incorporar la VR en las unidades de Oncología, y reforzar mediante esta herramienta los propios recursos de los pacientes que van a ser sometidos a quimioterapia (Torres García, et al., 2016).

En otras referencias de estudios sobre la VR, aunque no necesariamente científicos y ante la inquietud de los padres de familia de conocer sobre las ventajas y desventajas de que sus hijos usaran contenidos en VR, especialmente videojuegos, la organización civil Common Sense, en el 2018 hizo una encuesta para conocer el nivel de apropiación de dicha tecnología en Estados Unidos y se encontró que el 21% de los hogares de ese país tiene acceso a VR en su casa.

El mismo estudio arrojó que el 70 por ciento de los menores entre los 8 y los 15 años expresan interés en ella. Derivado de las respuestas de los participantes, se recomendó ser cauteloso cuando se trata de niños, ya que el uso de la VR es una experiencia muy parecida a la vida real, por lo que, se debe ser muy selectivo con el contenido, y no se recomienda utilizar por lapsos mayores a 20 minutos (Tanner, 2018).

En el 2016 en México nació el primer festival internacional de realidad virtual: “VR Fest Mx” y ha continuado en años posteriores, el cual fusiona arte y narrativa entorno a las tecnologías inmersivas VR, RA y RM. El Grupo Muv y Muv Lab, posicionó este “festival” como una plataforma donde desarrolladores, miembros de la industria de la VR y diversas universidades comparten sus experiencias con el público.

A través de conferencias de libre acceso con la participación de investigadores de la UNAM en torno al tema, la Asociación Mexicana de Capital Privado (AMEXCAP), el Instituto Nacional del Emprendedor en México (INADEM) y el Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la

Información y Comunicación (INFOTEC) en cuyo evento también se orienta sobre los fondos de apoyo a las tecnologías inmersivas (prensa CONACYT, 2017).

### ***Contextualización de la Apropiación Social del Conocimiento***

La economía actual, cada vez más, está sostenida en la venta de servicios. La sociedad postindustrial se caracteriza por haber pasado de la producción de objetos a la producción de servicios, por consecuencia, la economía ahora está basada en el conocimiento (Marín y Sebastián 2012), por ello, la información es uno de los elementos más importantes de la sociedad del conocimiento.

Ante la afirmación anterior, se hace necesario que productores del conocimiento (científicos) y ciudadanía tengan acceso ágil y sin barreras a la información, en un lenguaje común. Para ello, se debe hacer un uso adecuado de las herramientas tecnológicas capaces de comunicar ciencia y que la sociedad civil pueda servirse por sí misma de la información.

Esto es posible con el acceso a las tecnologías de la comunicación, a las que muchas ciudades aún tienen un bajo dominio de ellas (González, 2009) y donde sí se tiene, se ha demostrado que, cuando se logra ese flujo de información, la sociedad se convierte en usuaria partícipe de la construcción de conocimiento.

Un ejemplo de apropiación social del conocimiento es una de las estrategias implementadas en 488 ciudades de 36 países de todos los continentes, denominada “Ciudades Educadoras”, la cual consiste en que la información se ponga al alcance de sus ciudadanos a través de las tecnologías y de la capacitación.

Se trata de una organización civil sin fines de lucro que pugna porque, como todo bien común, cumpla con las características de la no rivalidad y la no exclusión a su acceso, y donde las tecnologías de la información y la comunicación ayuden a los individuos a gestionar su conocimiento (Hernán, 2009).

Para lograr la apropiación social del conocimiento, también existe la propuesta del co-creador, un intermediario entre el científico y el ciudadano común, que participe en la formulación

de las preguntas de investigación a partir de preocupaciones y necesidades sociales; la co-creación, que transfiere el conocimiento científico a un lenguaje sencillo, mediante materiales visuales y técnicas de diseño participativo que permiten al ciudadano aportar ideas al investigador con resultados de calidad a una ciencia abierta y colaborativa (Senabre Hidalgo et al., 2018).

La figura del co-creador construye un canal de confianza entre investigadores y sociedad, entre el científico y las comunidades, genera una vinculación de conceptos, métodos y estrategias apropiadas para el desarrollo de la capacidad para abordar la ciencia, desde los currículos y el trabajo interdisciplinar, favorece la reflexión, la experimentación y el uso de recursos pedagógicos lúdicos en escenarios formales.

Un ejemplo de esto es el programa “Experiencias Pedagógicas Itinerantes Museo del Agua EPM” en la zona del Urabá, Colombia, para promover el desarrollo sostenible en torno al agua (Atuesta Venegas et al., 2016), donde la sociedad civil no funge solo como espectadora y receptora de la información, sino que, con dicha información, aprende y puede tomar acciones con relación a lo expuesto por los investigadores.

La apropiación social del conocimiento ha cobrado relevancia asociado con otros conceptos que tienen el mismo fin como es la Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología que se ha posicionado en Colombia desde 1996 como una política científica de gobierno. Dichas políticas tienen en su misión de Ciencia, Educación y Desarrollo para denominar de modo general, aquellas actividades y programas que eran conocidas como popularización de la ciencia y la tecnología, divulgación científica, tecnológica y comunicación pública (Pérez-Bustos et al, 2012). Desde el 2005, se realizó en Colombia un estudio sobre iniciativas de Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología donde se abordó la necesidad de producir materiales de divulgación científica.

Ante dicha decisión, se incorporó información científica en diversos formatos y hechos con el propósito de dar a conocer a diferentes tipos de público, se generó una política nacional de apropiación social de la ciencia la tecnología y la innovación, que agregó el objetivo de la

participación ciudadana (Aguirre, et al, 2011). Derivado de esto, la asociación civil de Horfrubella en Pereira, Colombia, definió estrategias de apropiación del conocimiento en ciencia y tecnología.

Se definió en ese proyecto el objetivo del intercambio y transferencia del conocimiento con un programa de capacitación constante y actividades de difusión, con la búsqueda de mayores recursos económicos y financiamiento, capacitando en formulación de proyectos para que la sociedad pueda participar en convocatorias a través de alianzas con universidades y empresas privadas (Díaz González, 2017).

Otro caso relevante es la red de Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas (RedCLARA o CLARISE) que prioriza el uso de las tecnologías de la información y comunicación para que docentes e investigadores conjuntamente generaran contenidos académicos que fomenten el desarrollo de prácticas educativas abiertas hasta el uso y la aplicación en las comunidades. En esta red virtual, se comparten contenidos gratuitos para aumentar la visibilidad y producir artículos, capítulos para e-book y participar en foros y conferencias (Betancourt, et al., 2014).

Ante la conciencia de que la economía de la sociedad, cada vez más, está basada en el conocimiento, en la venta de servicios, es necesario priorizar la investigación que consolida la inteligencia colectiva, los nuevos escenarios socioeconómicos y culturales de la sociedad del conocimiento exigen un nuevo enfoque de la educación superior.

Esto hace necesario encontrar soluciones para superar la exclusión social y cultural, particularmente en América Latina, entrar en la cultura digital global que forme profesionales con perfiles de acuerdo a las necesidades del siglo XXI a través de las tecnologías de la información y la comunicación, pero con la conciencia de que ninguna nueva tecnología resolverá, por sí sola el problema de la exclusión y la desigualdad (Fainholc, 2010), lo más relevante es el uso que los profesionales hagan de ellas, los problemas que alcancen a resolver de su propio entorno.

Hay tantas vías para la apropiación social del conocimiento, que incluso las redes sociales son un medio; profesores de educación superior de Malasia y Australia construyen conocimiento por este medio, donde generan y comparten contenidos, interactúan y colaboran en este proceso,

dentro de una secuencia lógica de planificación, gestión y evaluación, una lógica pedagógica similar al reconocido modelo ADDIE de Analizar–Diseñar–Desarrollar–Implementar–Evaluar (Hamid et al., 2014).

Tecnologías que fueron diseñadas para fines de socialización, de comercio y otros, están sirviendo en la educación, han sufrido un proceso de adecuación para fines de enseñanza y aprendizaje, para intercambio de información, en ellas han nacido foros de consulta, incluso, entre grupos de determinadas áreas del conocimiento, en estas plataformas nacieron sociedades de expertos, gracias a tecnologías que habían sido creadas con fines de recreación.

Por otra parte, las tecnologías contribuyen en hacer política, están configurando una sociedad en la que los ciudadanos participan de forma más amplia y horizontal, muchas veces sin la mediación de Estados o poderes políticos convencionales. Esto hace necesario que el ciudadano sea capaz no sólo de comprender, sino también de decidir y actuar, es necesaria una sociedad científicamente culta que no se guíe por miedos infundados al aceptar o descartar tecnologías. La acción educativa debe enlazarse prioritariamente con espacios didácticos de emancipación y cambio social en la línea de la pedagogía crítica (Doménech–Casal, 2018). Desde hace al menos unos veinte años existe una creciente participación de la sociedad civil en la recopilación, verificación, análisis, intercambio y difusión de datos con fines científicos utilizando las tecnologías de la información y comunicación y las tecnologías móviles.

El proyecto RACIMO es un ejemplo, una experiencia colaborativa entre científicos y sociedad en el que participaron academia, empresa y comunidades a través de la capacitación de jóvenes en Ciencia Ciudadana, Cambio Climático y Ciencia de Datos en comunidades de escuelas de Bucaramanga–Colombia para la generación de un banco de datos climáticos en la región (Asorey et al., 2017).

En esta búsqueda de llevar el conocimiento a la sociedad civil, no necesariamente dentro de las aulas universitarias donde personas acuden a buscarlo, en 2014 nació el proyecto “Semillas de la Ciencia”, un programa de radio que integra a más de veinte radios universitarias españolas pertenecientes a la Asociación de Radios Universitarias de España (ARU) que gracias a las

tecnologías de información y comunicación, está permitiendo desarrollar una comunicación corporativa basada en la filosofía del pro-común.

Esto significa trascender a la producción individual para apostar por la colectiva, permitiendo así aumentar la visibilidad y nuevas redes entre profesionales de la comunicación e investigadores, así como público en general (Martin Pena y Parejo Cuéllar, 2016). Derivado del acercamiento entre sociedad e investigadores, nacen los científicos ciudadanos, utilizado y aprovechado especialmente en la investigación de vida silvestre. Lo anterior, especialmente útil donde al ser difícil caracterizar las poblaciones de las especies de aves ampliamente distribuidas y de baja densidad, investigadores recurren a la ciencia ciudadana, otro concepto que se abordará más adelante.

Uno de los casos con los que podemos ejemplificar es la investigación para medir la población del águila *Chrysaetos* en el este de América del Norte, donde se recurrió a datos de conteos realizados por “científicos ciudadanos”, cuya técnica puede ser útil para estimar la abundancia poblacional de otras especies migratorias (Dennhardt et al., 2017).

Otro caso de apropiación social del conocimiento que trascendió a ciencia ciudadana se realizó para un conteo de koalas en el que se involucró a la sociedad para determinar si la población está incrementando, disminuyendo o si se mantiene igual, ya que los investigadores están limitados por la escala geográfica y el marco de tiempo porque muchas especies vienen en periodos muy particulares.

En dicho caso, se recurrió a la ciencia ciudadana que tiene el beneficio añadido de comprometerlos con el resultado del manejo de la especie (Predavec, et al, 2016). Otro se registra en la provincia de La Rioja, Argentina, donde por medio del juego, niños de preescolar recibieron conocimientos científicos relacionados a la forma de transmisión de la enfermedad de Chagas, de cómo prevenirla. La relación entre maestros e investigadores se fortaleció y surgieron nuevos proyectos como prevención de la pediculosis (Amelotti et al., 2016).

En México se realizó un estudio entre las empresas más importantes del estado Quintana Roo, para determinar si hay apropiación social del conocimiento, el cual arrojó que existe un

retraso en ello, pues no lo utilizan como su principal fuente de desarrollo la consulta de información científica, en la empresa buscan la incorporación de nuevas tecnologías hasta que se les presenta el problema (Güemez Ricalde et al., 2015).

Ninguna de las empresas participantes en el estudio dijo estar suscrita a revistas o publicaciones científicas especializadas, a pesar de tener el mayor número de necesidades y de poseer suficiente capacidad financiera, el interés por la vinculación con los centros regionales de investigación es muy bajo o nulo, así como por la innovación tecnológica.

Derivado de este estudio, los investigadores propusieron un modelo que permita crear, compartir y gestionar conocimientos, que propicie la interacción, debate y creación de productos entre responsables de centros educativos, investigadores y gestores de la administración pública.

Las tecnologías, en general, juegan un papel importante en la apropiación social del conocimiento. Las tecnologías inmersivas están consiguiendo un protagonismo cada vez más importante en diversas áreas de conocimiento, ya que es una herramienta útil para presentar contenidos de entretenimiento y educación, lo que se conoce como “edutainment” (entretenimiento educativo).

En España surgieron varios proyectos de este tipo y se instalaron en las aulas como “Aprendera” (Valencia), o el denominado “Big-Bang 2.0” dentro del programa Eskola 2.0 en País Vasco. La tecnología inmersiva ha demostrado su función pedagógica en aulas y museos, favorece la interacción entre los visitantes y el objeto cultural de una forma atractiva y didáctica como es el caso del Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava (Alcaudete, Jaén, España) o el Centro de Interpretación de la Tecnología Zamudio, Vizcaya, España (Ruiz Torres, 2011).

Este autor destaca que cuando se presenta la información en formato inmersivo, quien la recibe, se siente protagonista y no solamente observador pasivo. En el caso de noticias, cuando el medio de comunicación le proporciona a su audiencia la información en realidad virtual, quien la recibe, vive la experiencia de los hechos, experimenta la sensación de ser testigo, de haber estado ahí.

Es por ello que las técnicas de grabación de 360 grados representan una de las últimas tendencias del plano informativo internacional, de ahí que 13 radiodifusoras públicas europeas apuestan ya por la inclusión del lenguaje digital inmersivo en sus contenidos periodísticos, así como algunas televisoras.

El primer medio en lanzar contenidos en VR fue la British Broadcasting Television (BBC) en 2013; en 2014 la Radiotelevisión Española (RTVE) y meses más tarde, Yleisradio (YLE); en 2015 France Télévisions y Danmarks Radio (DR), le siguió Norsk Rikskringkasting (NRK) (Corporación Noruega de Radiodifusión), y posteriormente Sveriges Television (televisión sueca) (Pérez Seijo y Campos Freire, 2017).

Estos mismos autores señalan que en 2016 seis canales arrancaron la implementación de las técnicas inmersivas en sus contenidos: Vlaamse Radioen Televisieomroep (VRT) (Radiodifusión de radio y televisión flamenca, Sveriges Utbildningsradio (UR) (Radio educativa sueca) Ríkisútvarpið (RÚV) (radiofusión), British Broadcasting Corporation (BBC) y la (corporación británica de telecomunicaciones).

Con esta tendencia, el periodismo demanda en la preparación de los profesionales, especialmente jóvenes del siglo XXI, a evolucionar y adaptarse a nuevas dinámicas de trabajo en equipos multidisciplinares donde el diálogo entre periodistas y tecnólogos debe ser fluido, (López-García et al., 2017).

La audiencia que recibe en VR la información puede llegar a sus propias conclusiones, dejando fuera sus creencias y prejuicios, siendo un testigo de lo acontecido, es posible lograr una objetividad mayor en las audiencias, de aquí la necesidad de que los periodistas aprendan del periodismo inmersivo (López Hidalgo, 2016). Diversos medios de comunicación ya cuentan con esta opción de ver algunas noticias en formato inmersivo como The New York Times, Associated Press, The Huffington Post, El diario The Guardian, aunque solo en se usa para noticias muy específicas.

Nonny de la Peña es una pionera en periodismo inmersivo, en 2007 creó Gonne Gitmo con la plataforma Second Life, que traslada al usuario a una prisión de Guantánamo, y otros

proyectos continúan profundizando en la utilización de escenarios digitales con audios reales como *Cap and Trade* (2010), *Hunger* (2012), *Project Syria* (2014), *Kiya* (2016) o *Across the Line* (2016), (Paino Ambrosio et al., 2017).

Los avances tecnológicos han llevado a reflexionar sobre la forma en que los usuarios consumen los contenidos hoy en día. El periodismo tiene el objetivo de situar al espectador dentro de la historia, de manera que pueda sentir y vivir en primera persona los hechos narrados, especialmente útil para aquellos casos en los que el objetivo no sólo es informar, sino influir en la opinión del otro, de sumarlo a causas, para sensibilizar sobre temas determinados.

Podemos ejemplificar con dos piezas en VR que abordan un mismo tema “el confinamiento solitario” en las cárceles de Estados Unidos: *6x9: A virtual experience of solitary confinement* (2016), un proyecto del diario The Guardian y *Confinement* (2015), un vídeo creado por la productora Ryot (adquirida por The Huffington Post), ambas son la experiencia de estar solo en una celda, con el fin de concientizar sobre el aislamiento en las prisiones de Estados Unidos (Paino Ambrosio et al., 2017).

Otro caso aún más reciente es la pieza de cine, donde a través del dispositivo de VR Samsung Gear, se consigue una narrativa alejada de grandes efectos especiales, pero que su técnica en sí, genera una verdadera experiencia inmersiva haciendo del espectador o usuario, partícipe de los acontecimientos, vive la experiencia “de estar ahí”, lo cual implica un alto nivel de efectividad en cuanto a su intencionalidad comunicadora: lograr la empatía.

Se trata del cortometraje “Carne y Arena” de Alejandro González Iñárritu, con el que se experimenta en primera persona las situaciones a las que se enfrentan los migrantes que intentan cruzar a Estados Unidos por el desierto mexicano, con escenas montadas desde situaciones reales, uno de los soldados se dirige directamente al espectador (Martínez Cano, 2018).

Bajo el concepto de “Immersive Journalism” ha crecido en los años recientes el periodismo utilizando tecnología de VR y RA, donde el participante experimenta la sensación de presencia en el lugar de los hechos, de “estar allí”, mayoritariamente bajo la etiqueta webdoc; se pueden mencionar casos como el realizado por Second Life, un trabajo sobre el impacto de la industria del

carbón titulado Cap y Trade que simula el recorrido hacia los testimonios y lugares de la investigación (Domínguez–Martín, 2015).

Este mismo autor, documenta el caso de Gone Gitmo, una reconstrucción de los hechos de Guantánamo que recrea el momento en que un emigrante fue abatido por una patrulla estadounidense en la frontera entre México y Estados Unidos, basada en testigos y vídeos captados durante el incidente; el proyecto Siria que transporta al usuario a la ciudad de Alepo en el momento de un ataque, en el que los niños sufren las consecuencias.

Aunque estos casos, no son documentación en el momento de los hechos, sino una reconstrucción de escenas de hechos de la vida real y cuyos contenidos fueron hechos por periodistas que le han aprendido a esta tecnología, a la producción de contenidos en este formato específico para el que aún hay pocas personas preparadas, pues hay una demanda no cubierta de la especialización de perfiles para crear estos contenidos y el costo de las tecnologías sigue siendo alto.

Pese a lo anterior, y que, los beneficios del formato inmersivo pueden ser muchos, es una opción en periodismo, que está todavía dando sus primeros pasos en el mercado de la información, y la inmensa mayoría de las experiencias de este tipo, no abarcan la compleja infraestructura tecnológica necesaria para poner en marcha proyectos de esta naturaleza, por diversas causas, entre ellas la económica, por lo que, su verdadero desarrollo vendrá de la mano de una nueva generación de dispositivos físicos (Parra Valcarce et al., 2017).

Lo anterior, se determinó por investigadores antes citados de la Universidad Complutense de Madrid, que desarrollaron el estudio “Claves para la redefinición y supervivencia del periodismo y retos en la era post-PC”, financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO) a través del Plan Nacional de I+D+i.

### ***La Innovación Social una Vía para la Apropiación Social del Conocimiento***

Para el propósito de la apropiación social del conocimiento, la innovación social es una vía. En 2013, la Comisión Europea publicó una guía de innovación social en la que se definió el concepto y se refiere a aquellas innovaciones que son sociales, tanto en su fin como en su

proceso, impulsan la capacidad de los individuos para actuar (Buckland y Murillo, 2014). No se trata de innovaciones orientadas al mercado sino a la transmisión conocimiento a través de la tecnología (Echeverría, 2008).

De acuerdo con este autor, las innovaciones sociales generan indicadores económicos y de aceptación social y de ellas eventualmente surgen empresas y mercados, pero generar riqueza económica no es el objetivo. En este sentido, la innovación social en el sector académico ha contribuido de forma importante y en América Latina no es una excepción.

Existen casos donde se ha llegado a la apropiación social del conocimiento y a su vez han contribuido con la economía especialmente a través del turismo. Un caso es el sistema de VR para la difusión cultural y a su vez turística de la zona arqueológica de Teotihuacán, México, así como una forma de poder conocer y recorrer la zona mediante un recorrido virtual, dando un valor agregado a la difusión tradicional (Zúñiga Ortega, et al, 2014).

En Ecuador se desarrolló otro proyecto sostenible utilizando VR para promocionar los principales sitios turísticos. La creación de paseos virtuales en la tecnología móvil, con la finalidad de brindar al usuario información en su celular. Durante el proceso de la creación de la aplicación móvil se realizaron varias pruebas y consultas hacia los usuarios (sociedad), con las cuales se pudieron definir los requerimientos funcionales de la aplicación (Ramírez Liriao, 2016).

En este caso hubo un canal de comunicación entre el científico creador de la tecnología y el usuario final. Con la participación del ciudadano se diseñó y elaboró una aplicación disponible para versiones de Android adaptable a las dimensiones de pantalla para apartados de paseos virtuales fluidos y fáciles de manejar.

Lo anterior, también se ubica dentro de la ciencia ciudadana o participación social en ciencia, según lo explica Senabre et al (2018), quien dentro de un proyecto europeo del programa Horizon 2020 para fomentar las carreras de ciencia y tecnología entre la juventud, aplicó la co-creación y diseñó experimentos de ciencia ciudadana con tres grupos diversos de estudiantes de diferentes centros de educación secundaria del área de Barcelona, España, con contextos sociodemográficos diferenciados.

El proyecto consistió en la participación de los jóvenes para realizar el trabajo de campo, los cuales realizaron encuestas y entrevistas durante tres experimentos que estudiaron comportamiento humano y capital social en espacios públicos y urbanos, dando oportunidad así, a que sociedad civil sea partícipe de la ciencia, un modelo de ciencia ciudadana donde el ciudadano se convierte en ayudante del investigador y en equipo producen ciencia.

Para explicar los alcances de la ciencia ciudadana se puede ejemplificar con el movimiento de biología hazlo-tú-mismo (DIYbio, Do-It-Yourself) que encuentran en la biotecnología casera una alternativa para crecer intelectualmente, generar soluciones y/o ejecutar exitosamente industrias a pequeña escala.

Estas actividades son posibles al basarse en prácticas de laboratorio abiertamente comunicables en lenguaje cotidiano e intercambiables a través de recursos digitales. La comunidad accede a fuentes abiertas de material e información biológica y genera soluciones y conocimiento intercambiando libremente información y protocolos, usan un pequeño laboratorio en casa para identificar especies comestibles y organismos específicos (Golinelli et al., 2015).

A través de talleres abiertos y de una intensa cooperación, científicos ciudadanos pueden desarrollar soluciones creativas que incluyen hardware abierto para la innovación y desarrollo en el ámbito de biotecnología, modelos computacionales y plataformas multidisciplinarias para la formulación, ejecución y optimización de proyectos. A través de colaboraciones abiertas, los gastos de instalación de un laboratorio comunitario se reducen (Landrain et al., 2013).

Otro de los casos ha sido la visita virtual a la galería del calvario en España donde se inauguró el Museo de la Prehistoria con un centro de interpretación a través del arte rupestre, sus creencias y relaciones sociales. La tecnología de VR, fue el instrumento para poner al alcance de la sociedad, información científica a través de un proyecto de innovación social, con un proyecto sostenible se creó el complejo museístico (Baeza y Duarte, 2013).

### *La Realidad Virtual y Realidad Aumentada en la Educación*

Los avances tecnológicos son cada vez más sofisticados y de mayor demanda para facilitar tareas de la vida cotidiana del ser humano. La producción de herramientas de comunicación son las actualizaciones más frecuentes, entre las que podemos destacar la tecnología de VR a la que se le han encontrado múltiples usos en materia de educación, desde desarrollos inmersivos para clases de medicina, química, matemáticas, para entrenamiento de astronautas.

La VR está presente incluso en la generación de prototipos en la industria, para entrenamiento de militares, hasta entornos virtuales para tratamientos psicológicos dirigidos a ciertas fobias. Sin embargo, en Latinoamérica, las exploraciones de esta tecnología para la educación aún son escasas.

En la última década, ha cobrado importancia el uso de sistemas multimedia, especialmente la VR, con la cual se usa la vista, el oído y el tacto (en el caso de la interactiva), tecnología con la que nace el aprendizaje experiencial e inmersivo (Parong y Mayer, 2018). Estas experiencias son lo más cercano a situaciones naturales, con lo que el individuo adquiere la mayoría de los conocimientos en su vida cotidiana, pero, se le encuentra especialmente la virtud de la motivación.

Los Smartphone, empresas como Google y Samsung están jugando un papel importante en la masificación de estas herramientas que la sociedad identifica más como un juguete o moda pasajera, pero que dentro de muy pocos años serán muy importantes para potencializar el ámbito pedagógico (Urquiza Mendoza et al., 2016). La VR es una herramienta tecnológica con potencial para el proceso de enseñanza/aprendizaje, se caracteriza como una herramienta casi “natural” tanto para aprender como para enseñar (De Antonio Jiménez et al., 2000).

Los autores antes mencionados, sostienen que, pese a los beneficios de la VR en educación, para su máximo aprovechamiento es necesario presentar proyectos direccionados a la participación de los docentes que puedan incluir a sus estudiantes en procesos inmersivos, ya que depende de la acción voluntaria de profesores para que la integren a sus clases.

La VR para se ha encontrado especialmente útil para facilitar las clases de química en las que puede proporcionar entornos tridimensionales altamente realistas, inmersivos e interactivos para experiencias de aprendizaje que logran facilitar la comprensión, aprender más rápido, mejorar la motivación y facilitar el pensamiento de forma esquemática, especialmente en la geometría molecular que siempre ha sido el desafío del aprendizaje de la química, el mundo microscópico (Saritas, 2015).

Ahora el reto, es montar un laboratorio VR ya que sigue teniendo altos costos, razón por lo que es limitado su uso. En el centro educativo Tunjita ubicado en zona rural del departamento de Boyacá, Colombia, se estableció un laboratorio virtual para la realización de prácticas virtuales en el tema de metales alcalinos, pero se encontró que se puede extender a múltiples áreas del conocimiento como la mecánica, la seguridad militar, la medicina, entre otras (Luengas et al., 2018).

Como herramienta para el entrenamiento a estudiantes de medicina, la VR ha tenido aportaciones importantes, en un estudio descriptivo-exploratorio con una muestra de 22 profesores de odontología de la Universidad Europea con destacada trayectoria en simulación, se integró una comunidad de prácticas de aprendizaje colaborativo con tres simuladores que combinaban VR con interfaces interactivas (Coro Montanet et al., 2017).

El resultado de dicho estudio revela que el manejo de la tecnología de vanguardia decrece a medida que aumenta la edad de los docentes, lo que indicó la necesidad de formar al profesorado en el manejo del simulador.

Entre los resultados de la VR dentro de clases de medicina, una de las ventajas que se ha encontrado a los simuladores es que, en los procesos educativos se dejarían de usar animales para la simulación y si bien la simulación médica nunca va a reemplazar la experiencia clínica, permite al inexperto adquirir rápidamente habilidades en un contexto protegido, replicable y sin daños al paciente humano, en Otorrinolaringología se usan ya diferentes tipos de simulación con VR (Thone et al., 2017).

Pese a lo anterior, aún es insuficiente, hay necesidad de que las universidades inviertan en este método de enseñanza y validar los modelos en estudiantes y médicos afirman estos autores.

En Boston, nació un programa formativo en cirugía laparoscópica para estudiantes con el “Hospital Virtual Valdecilla”, acreditado por el Colegio Americano de Cirujanos y como centro asociado al *Center for Medical Simulation* de Boston, cuyo currículo está compuesto por nueve módulos utilizando la laparoscopia para que los estudiantes desarrollen las habilidades técnicas y cognitivas (Gutiérrez-Baños, et al., 2015).

Las prácticas virtuales las realizan en 48 horas anuales y 240 a lo largo de su residencia, lo cual ha generado la discusión sobre la simulación, si debiera ser vista sólo como un complemento al entrenamiento tradicional, permitiendo acortar las curvas de aprendizaje en un entorno seguro y controlado sin comprometer la seguridad del paciente.

En otra de las áreas de la medicina se generó un simulador en VR registrado como Osirix® que permitió a los estudiantes de medicina efectuar las cirugías endoscópicas nasosinusales con mayor confianza y seguridad, en menos tiempo que las metodologías tradicionales y con menores complicaciones; se pudo validar la tecnología Osirix® en la mejora de la planificación de las cirugías endoscópicas nasosinusales (Sánchez Gómez, et al, 2015).

Hoy los estudiantes de medicina pueden tener una cirugía virtual gracias al aprendizaje basado en simulación. Es más fácil aprender cómo el corazón humano funciona yendo al interior de una pantalla que hacerlo en un quirófano, sin los riesgos de lidiar con el entorno real, por lo que, algunas universidades ya usan VR en sus clases: Georgia State University, Atlanta, GA; Universidad de Edimburgo, Escocia, la Universidad de Hamburgo, Alemania y la Universidad Técnica de Viena donde utilizaron el software Selector Multimedia Virtual Multipropósito (MVMS).

En México se desarrolló un estudio para determinar la eficacia de la VR en las clases de matemáticas, cuyos resultados revelaron que no resultó significativamente mejor que la educación convencional, pero, sí se registró un flujo de comunicación dentro y fuera del aula mucho mayor entre los estudiantes y docentes; despertó el interés de los padres de familia,

favoreció la interacción en el proceso de enseñanza–aprendizaje y el trabajo colaborativo (Carrillo Villalobos y Cortés Montalvo, 2016).

En contraste, otra investigación realizada por Avendaño Porras et al. (2011), encontró en la VR beneficios significativos para enseñar matemáticas, por las posibilidades de las nuevas formas de interacción, como el metaverso con resultados extraordinarios, particularmente si se está listo a repensar las concepciones de formación y adiestramiento, y si se apuesta al carácter social de la edificación del conocimiento.

En otras áreas del conocimiento, los resultados en los beneficios del uso de VR son distintos. La empresa Google, “Research y Innovation Network, Pearson; 2U de San Diego Mobile”, exploró la aplicación de la VR con temas diversos: geografía, medio ambiente, diversidad natural y cultural, y encontró una conversión digital exitosa para aulas, por la forma en que la tecnología permite la enseñanza y el aprendizaje (McKnight et al, 2016). Dicha investigación se desarrolló en grupos focales en siete escuelas de E.U, que abarcó el efecto de la VR tanto en estudiantes como en maestros y el resultado revela que la VR proporciona una aceleración en el aprendizaje de la ciencia.

Si nos remontamos a la historia reciente a cerca de la VR, podemos mencionar a uno de los primeros laboratorios de VR instalado en un departamento de psicología a finales de los ochenta en Estados Unidos, del que se publicó un documento histórico sobre su construcción en 1992, a finales de los años noventa, Jim Blascovich y Loomis se unieron y establecieron un importante centro de investigación en la Universidad de California basado en el uso de VR para ciencias sociales (Loomis, 1992).

En Cuba también existen antecedentes importantes de esta tecnología que se estudió en el Instituto Superior Politécnico involucrando a personas de diversas edades; su conclusión fue que los alumnos disfrutaban del trabajo con los ambientes virtuales sin importar su edad, que la experiencia resultó extremadamente motivadora y los alumnos se mostraron tolerantes ante las limitaciones de la tecnología (Escartín, 2000).

Un proyecto con VR en México, ocurrió en la Universidad Tecnológica de Morelia, Michoacán, donde se encontró que la experiencia inmersiva, permite potenciar el proceso de comunicación enseñanza-aprendizaje (González y Chávez, 2011). La Universidad de Guadalajara, también realizó otro estudio con el objetivo de reducir los riesgos de trabajos de campo para sus estudiantes, logrando el objetivo de enseñar sin exponerlos.

Cuando se trata de temas que con el método tradicional realizaban visitas a diversos ambientes industriales de alto riesgo para estudiantes de la materia de “Introducción a la tecnología de los aerogeneradores” y “seminario de la tecnología de los aerogeneradores” de la maestría en ciencias de la energía eólica de la Universidad del Istmo (Cantón Enríquez et al, 2017).

Otro caso de estudio es el diseño denominado Juxtapose, en el cual se exploraron las tensiones entre lo digital y lo analógico y propuso un diseño participativo en la creación del arte y diseño que interrumpe las fronteras tradicionales entre profesionales y aficionados, creadores y consumidores, profesionales y estudiantes, la cual concluye que tanto RA como VR es una tecnología que dará “forma a la forma en que se comunicará la información”.

Las conclusiones del estudio mencionado, habla de la necesaria colaboración entre la academia y la industria fomentada por la educación superior, de la vinculación que genere una mayor colaboración (Menorata y Antonczak, 2017). Ante lo que se denomina la Cuarta Revolución Industrial (4RI) existe una demanda de una renovación profesional del diseñador industrial, para orientarse en el manejo y desarrollo de nuevas tecnologías que de soluciones a necesidades sociales e industriales actuales (Favela, 2018).

Estos autores afirman que existe una demanda de especialización en los campos de la inteligencia artificial, internet de las cosas, RA, big data, robots, blockchain, VR, drones, impresión 3D y avatares, lo cual exige la actualización de los planes de estudio universitarios.

En un análisis bibliométrico sobre documentos del repositorio Web of Science sobre m-Learning y RA, en un universo de 12 000 revistas indexadas y 148 actas de conferencias se detectó la dimensión motivacional y lúdica con la implementación de la RA que se convierten en

referencias para las instituciones educativas, entornos virtuales inmersivos fuera de los reglamentos docentes, cursos MOOC y modelos híbridos, (Fombona et al., 2017).

Este fenómeno que genera marcos innovadores, grupos virtuales, interacciones, nuevas escalas de valores, situados fuera de las regulaciones administrativas susceptibles de convertirse en fórmulas exitosas de aprendizaje afirman los investigadores. Otros hallazgos entorno a esta tecnología utilizada para educación, apuntan que sirve para fomentar el trabajo en equipo, con integrantes incluso, con ubicaciones geográficas distintas (Gasca-Hurtado et al, 2015).

Estos autores exploraron el uso de la VR entre estudiantes de ingeniería que debieron tener interacción, “transportarse” a los entornos de toma de decisiones conjuntas para lograr los objetivos, por lo que, propusieron un videojuego para el desarrollo de habilidades de negociación, comunicación efectiva y cooperación entre sus miembros, cuya simulación, además, permite reducir los riesgos de los entornos reales, así como reducir costos en la educación.

También se ha estudiado la utilidad de RA para la docencia en las enseñanzas de Ingeniería mediante la visualización en 3D de elementos constructivos que de otra manera difícilmente podrían llevarse a la clase físicamente, según se estudió en la asignatura de construcción y topografía en la Escuela Politécnica de Sevilla, España (López Lineros et al., 2016).

La tecnología de VR también se ha encontrado eficiente para optimizar los principios de diseño hacia el desarrollo del próximo prototipo; la experiencia “física” (virtual) de estar presentes en el edificio proporciona a los estudiantes una mayor comprensión de los complejos problemas que enfrentan sus proyectos, pueden experimentar los errores del diseño del edificio (Camilla, 2017) y por otro lado, se ha desarrollado una aplicación en RA que permite enseñar conceptos básicos del curso de fundamentos electrónicos (Diaz et al., 2015). Se utilizó contenido estático y dinámico complementado por audio y texto, que luego de probarla, determinaron que es una tecnología efectiva para enseñar, aunque existe una diferencia en el nivel de aprendizaje entre los contenidos dinámicos y estáticos, encontrando más efectivos los dinámicos.

La VR está permitiendo a los ingenieros diseñar máquinas y a educadores diseñar equipos en tiempo real, pero en hologramas tridimensionales como si el material real se estuviese

fabricando y trabajando, lo que permite un mecanismo no costoso (energía sabia) y no invasivo, por lo que la VR a veces puede ser más poderosa que el mundo real, pues permite sentir y estar en ambientes incluso prohibidos (Nachimuthu y Vijayakumari, 2009).

En la industria se ha hecho uso de la RA para aumentar los sentidos y traspasar las puertas de los laboratorios, una de las herramientas con este formato es As-Buil, creada a partir del modelo de presentaciones de diapositivas digitales en el que se incluyen los mecanismos necesarios para crear RA entre usuarios no expertos tanto para ayudas visuales como para documentar el proceso constructivos. El ejercicio anterior, se realizó con el objetivo de dar indicaciones exactas a los trabajadores e ir creando un expediente en RA, algo similar a lo que se había hecho con vehículos militares en España y con lo que se logró la reducción del tiempo en su mantenimiento posterior (Sancho, 2016).

En otras áreas de estudio en las que se ha experimentado con éxito la eficacia de la VR es en el tratamiento del miedo a hablar en público (North et al., 1998). Este autor hizo un estudio con la participación de 16 sujetos expuestos a una escena de VR y guiados por los experimentadores para manejar su fobia usando técnicas de visualización o exposición a la situación que temían durante cinco semanas, luego se les evaluó la ansiedad, la evitación, las actitudes y la perturbación asociadas con su miedo.

Otro caso de estudio de la VR fue para tratar especialmente la ansiedad que produce al hablar en público, el cual encontró además tener potencial terapéutico para ello, la VR hace posible generar plataformas de autoayuda con resultados a largo plazo, de seis y doce meses (Lindner et al., 2019).

Entorno a la educación, se han explorado experiencias de VR con alumnos de pre-servicio de maestros que tenía la intención de mejorar las habilidades del estudiante-maestro en el siglo XXI. El estudio lo realizaron con una población de 176 estudiantes de docencia en el cual se encontró que el uso de VR los ayudó a aumentar su autoeficacia, ser más innovadores y creativos y que esta tecnología presenta desafíos emocionales e intelectuales (Nissim y Weissblueth, 2017).

Otra investigación, en la que participaron 229 candidatos a docentes de primaria inscritos en el curso de métodos científicos, se desarrolló durante tres años académicos en los que participaron en una evaluación de las experiencias de aprendizaje y prácticas en la plataforma de VR llamada Second Life (SL).

Resultó que esta tecnología proporciona experiencias de aprendizaje únicas que fomentan el descubrimiento, la resolución de problemas, sin embargo, ninguno de los grupos integró una plataforma de VR durante sus actividades de planificación de lecciones de ciencias, lo que demuestra la brecha entre las experiencias de aprendizaje y las prácticas, es decir, se está dispuesto a aprender con ellas, pero no a producir contenidos para enseñar con ellas, no al menos cuando se deja en una acción voluntaria (Bahng y Lee, 2017).

En otro caso, con la hipótesis de que cuanto más sentidos se abordan, más resultados positivos se obtienen en la enseñanza-aprendizaje, se diseñó una aplicación de RA para las clases de ciencias, la cual se usó con 147 estudiantes que la utilizaron durante 14 semanas y se logró incrementar su rendimiento y sus habilidades para resolver problemas, la autonomía, el autoaprendizaje y se encontró que la RA es compatible con algunos estudios en la literatura a través de dispositivos móviles (Karagozlu, 2018).

La tecnología de RA está considerada como una de las tecnologías emergentes con mayor impacto en la docencia. Según la investigación realizada con estudiantes universitarios futuros maestros en el campo de las ciencias sociales en la Facultad de Educación de Albacete (Universidad de Castilla-La Mancha) se demostró la necesidad de una formación de los futuros docentes orientada al uso de estas herramientas tecnológicas (Cózar Gutiérrez, et al, 2015), como lo hacen ya en la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Lo anterior, lo lograron a través del marco del Programa de Incentivos donde se lleva a cabo el proyecto de Recursos para el Empoderamiento de Formadores en TIC, Ciencias y Ambiente (REFORTICCA), donde se ha ofertado en posgrado ya la línea de investigación de VR, RA y la Interacción Tangible (IT) como herramientas que pueden apoyar los procesos de enseñanza-

aprendizaje en los diferentes niveles educativos de la educación formal, no formal y para educación especial (Abásolo et al., 2017).

Con las nuevas tecnologías, y especialmente Internet, los lectores demandan nuevos formatos para la información, por lo que se ha propuesto un modelo integrador para la educación superior, que funcione en los entornos virtuales de aprendizaje y que sirva de referente para otros docentes del área de comunicación para entornos educativos formales y no formales, denominado aprendizaje en la nube, (en inglés, cloud learning o c-learning).

Estas permiten un aprendizaje multi-organizacional entre países, en el cual se fomentan los grupos de estudio multidisciplinarios, multiculturales, multilingüísticos e internacionalizados donde el profesor asume el rol de gerente de educación comunitaria (Marcos Recio y Alcolado Santos, 2014).

En el área de la medicina, se han tenido experiencias que permiten acortar curvas de aprendizaje a médicos inexpertos en entornos controlados a través de simuladores virtuales donde ensayan intervenciones quirúrgicas, con lo cual también se han conseguido mayores expectativas de recuperación para los enfermos (Gutiérrez-Baños, et al., 2015; Berg y Vance, 2017; Sánchez Gómez, et al, 2015).

Sin embargo, no es exclusivamente útil en esa área del conocimiento, también se han hecho estudios para evaluar la utilidad de simuladores VR para la optimización de prototipos de edificios virtuales que les permiten identificar errores en su diseño (López Lineros, et al., 2016; Jensen, 2017). La herramienta en VR facilita el enfoque comunicativo, inclusivo, instrumental y funcional necesario para la adquisición de una nueva lengua (Moreno, et al, 2017).

Este autor afirma que, además se sirve para el desarrollo de actitudes y valores interculturales por la posibilidad de aprender en entornos mixtos con carácter inclusivo para el conocimiento de otras culturas con metodologías flexibles, activas, dinámicas y con un carácter lúdico.

***La Realidad Virtual como Herramienta de Autoaprendizaje a través de Biblioteca Digital y el Museo sin Fronteras***

Las herramientas de simulación para facilitar el aprendizaje en el área de medicina, hablan de un área de oportunidad para bibliotecas que ya deben considerar el beneficio de implementar el uso VR y RA para atraer a su audiencia, pues tienen el desafío de encontrar nuevas formas de diálogo con sus usuarios (Massis, 2015).

Para ver contenidos tanto en VR como en RA y mixta interactiva, se hace con lentes como el Oculus Rift, un dispositivo de auriculares que pasa sobre los ojos; creado pensando en los juegos inmersivos, el cual ofrece al usuario una experiencia de cuatro dimensiones. Esto no es lo mismo que mirar televisión en 3D, es un auricular creado para tener en cuenta la visión periférica. El cien por cien del campo de visión del usuario está cubierto; se calcula cada giro de la cabeza (Moorefield–Lang, 2015).

Este autor afirma que con dicha tecnología el encuentro con la información es totalmente atractivo y aunque la VR no es nueva, proporciona una experiencia tan realista que integrarla en bibliotecas y educación seguramente conducirá al descubrimiento y la emoción de los estudiantes.

La VR y RA están ganando cada vez más terreno, y sus usos en bibliotecas y con fines educativos se están expandiendo. Herramientas que incluso, se utilizan no solo con fines explicativos o informativos, sino para ayudar a las bibliotecas y bibliotecarios en actividades de alfabetización informacional.

Se pueden realizar recorridos virtuales para mostrar cómo moverse por la biblioteca y encontrar virtualmente los recursos de la biblioteca en las pilas, como lo ha hecho ya la Biblioteca de la Universidad de Miami, con lo que aumentó su eficiencia, ya que analiza los estantes, muestra lo que se ha archivado incorrectamente e indica rápidamente cómo el bibliotecario puede corregirlo (Oyelude, 2017).

La información disponible tanto en la Web como en las bibliotecas digitales, libros digitales y repositorios de universidades, rompieron las fronteras del conocimiento, reformaron los medios por los que una persona hoy se educa, aprende o enseña. Con estos nuevos medios nació el autoaprendizaje. Sartori (2012) sostiene que el internet es una biblioteca universal que entretiene, pero también educa con la imagen y el texto, quien busca conocimiento ahí lo encuentra.

La educación formal actual ha estado influenciada de dos formas fundamentales en su relación con las tecnologías: 1) de forma directa, usada para resolver problemas académicos concretos, como procesamiento de textos y datos, diseños gráficos artísticos, de ingeniería o de arquitectura, etc.; y 2) de forma indirecta, cuando los sujetos acceden a medios electrónicos de manera libre: juegos, transmisiones en videos, compartición de imágenes y mensajes efímeros (Hu-Au y Lee, 2017).

Esto ha sido caracterizado como la Era de la Experiencia, donde los equipos tecnológicos se usan de forma cotidiana para compartir y experimentar perspectivas. Las tecnologías de la información y la comunicación han estado presentes en todos los momentos importantes de programas educativos, desde que se tomó en cuenta que las personas aprenden a ritmos diferentes y tienen necesidades de aprendizaje distintas (Reigeluth, 2016) hasta la educación personalizada del siglo XVIII con Herbart.

Luego continuó con el método introducido en el siglo XIX por María Montessori; John Dewey, Decroly y Celestine Freinet impulsores de la llamada “escuela nueva”. En todos los casos se han actualizado los métodos de enseñanza sin dejar los principios, hasta llegar a una educación mediada por las tecnologías de la información y comunicación (De Zubiría et al., 2008).

Hoy, la virtualización trasciende la digitalización de las prácticas escolares, los entornos de aprendizaje físicos y digitales funcionan con la mediación de las tecnologías de la comunicación y se da el aprendizaje autónomo y personalizado (Núñez, 2016). En la educación actual, se ha presentado un excesivo uso del recurso electrónico y nació el problema de la sobre información.

Ante lo anterior, ha surgido la necesidad de guiar en la selección de la calidad de la información, de distinguir y filtrar las búsquedas por calidad, se crearon repositorios no sólo con el fin de poner a disposición el conocimiento, sino con el fin de garantizar la procedencia y confiabilidad de los datos (Tejeda–Lorente et al, 2014). En estas plataformas se han puesto al alcance además de los documentos tradicionales, contenidos en VR y RA.

Al colocar tecnología, alguna de ella interactiva, trajo la posibilidad de incrementar la comprensión, con lo cual, hace posible acercar temáticas ajenas al área del conocimiento propio, debido al creciente interés por la información gráfica que está remplazando a la palabra escrita con frecuencia o se está utilizando como herramientas de apoyo a ella. Se han empezado a producir libros, instructivos, archivos tridimensionales, videos explicativos e imágenes en VR y RA, reconociendo que representan un valor agregado a los materiales didácticos tradicionales (Coimbra et al., 2015).

En una era de la información donde existe la necesidad de resolver problemas complejos, se aborda la necesidad de la educación transdisciplinar que la digitalización, el conocimiento disponible sin fronteras lo pueden hacer posible.

Los procesos de mediación generados por las tecnologías tradicionales, como el libro, el cine o la televisión, y la remediación creada por las nuevas tecnologías digitales como las redes sociales, la realidad virtual y los videojuegos, plantean una cuestión clave para conocer el papel real que juegan los medios digitales en la educación, los cuales representan cambio y una oportunidad de mejora, traen un aporte para la transformación de la cultura docente que traspasa las aulas (D Pablos Pons, 2018).

Derivado de lo anterior, el mundo académico ha tomado medidas para eficientar las búsquedas a través de sistemas de recomendación que evalúan y filtran la gran cantidad de información disponible, para ayudar a los usuarios con un sistema de recomendación basado en la calidad de los artículos a través de la biblioteca digital de la universidad (Tejeda–Lorente et al, 2014); también se han generado repositorios propios de las universidades.

Lo anterior, con el fin de proporcionar a los usuarios una base de datos previamente filtrada no sólo por calidad, sino por área de interés. Un ejemplo es Sowiport, un portal de información para las ciencias sociales de los más consultados, con más de 8 millones de referencias bibliográficas, proyectos de investigación y textos completos de 18 bases de datos (Hienert et al., 2015).

Ante una era donde el uso y creación de tecnologías va en incremento y es posible acceder a repositorios, bibliotecas digitales y hacer consultas desde cualquier parte del mundo, es necesario tener en cuenta la gran diversidad de formatos en los que ahora se presenta la información, especialmente cuando se trata de entender lo ajeno a nuestras áreas del conocimiento (Valtierra Lacalle, 2018) e incluirlos en los contenidos de las bibliotecas, entre los que destacan los de VR que retrata sitios y objetos reales generando una experiencia inmersiva que aumenta la comprensión.

La RA hace posible la experiencia con el pasado o el futuro al recrear lugares, cosas o situaciones con fines explicativos, tecnologías que las bibliotecas pueden utilizar para atraer a su público (Massis, 2015). El amplio éxito del libro de Sherman y Craig, (2018) "Understanding virtual reality: Interface, application, and design" (traducido como comprender la realidad virtual: interfaz, aplicación y diseño) es una de las evidencias del interés por entender, identificar y aprovechar esta tecnología.

Plataformas de VR se han explorado para la visualización de datos científicos y se ha encontrado que la inmersión conduce a una mejor percepción, una comprensión más intuitiva y una mejor retención, a diferencia de los datos convencionales de escritorio (Donalek, et al, 2014) por lo que, a través de estas tecnologías digitales se podría atender la necesidad del hombre en su búsqueda del saber que plantea Freire.

Este considera al conocimiento como el estímulo de la creatividad para que el ser humano actúe conscientemente desde diversas disciplinas en la que la mayoría de los seres humanos todavía es analfabeta, y donde es necesaria una acertada gestión del conocimiento transdisciplinar (Serna, 2016).

Una tendencia con cada vez mayor interés en los sectores académico, público y privado y cuya trascendencia radica en la resolución de problemas complejos de la sociedad con la participación transectorial y la ciencia basada en equipos, en la universalidad, en la hibridación y la contextualidad (Thompson Klein, 2015). Edgar Morin habla de la necesidad del conocimiento transdisciplinar del hombre que debe asumirse en su actividad real y en la praxis que lo integra a la cultura.

Morin propone siete saberes necesarios para la educación del futuro: 1) las cegueras del conocimiento, desarrollar una cultura crítica, de la sospecha, a partir de la comprensión de las cegueras; 2) los principios de un conocimiento pertinente; 3) enseñar la condición humana, enseñar todas las ciencias, un principio transdisciplinar de lo físico, lo biológico y lo sociocultural; 4) enseñar la identidad terrenal, las fuentes inagotables del amor humano para desarrollar una cultura del ser, en detrimento de la cultura del egoísmo y del tener desmedido que enajena las verdaderas fuerzas esenciales del hombre; 5) enseñar cómo enfrentar las incertidumbres; 6) enseñar la comprensión y 7) enseñar la ética de género humano (Pupo, 2013).

En relación a esto, D Pablos-Pons (2018) realiza un análisis en torno a las actividades funcionales y cognitivas de las universidades y centros de investigación que han dejado de operar como entidades aisladas, donde existe una consciencia de traspasar lo tradicional y el cómo surgen procesos de mediación entre lo tradicional y lo tecnológico como una cuestión clave para conocer el papel real que juegan los medios electrónicos en la educación y cómo representan una oportunidad de mejora y una transformación de la cultura.

Entre las múltiples aplicaciones educativas que buscan el autoaprendizaje se han desarrollado videojuegos en VR para el desarrollo de habilidades de lectura y escritura, especialmente útiles para niños con dificultades para adquirir el principio alfabético y adultos con necesidades educativas especiales, sin embargo, tratándose de alumnos especiales ha sido necesario que reciban apoyo de un usuario alfabetizado que les oriente (Jiménez Porta y Diez-Martínez Day, 2018).

Estos investigadores, determinaron la utilidad de la tecnología inmersiva y con ello la necesidad de redefinir el concepto “lectura/navegación”, además de una necesaria actualización de la documentación de metodologías que incluya la VR, RA y RM, junto con información clara y detallada sobre las ventajas y desventajas que implica utilizar unas u otras por sus diferencias técnicas.

La marca Samsung ha sido importante en la masificación de la VR, al ofrecer equipos de bajo costo, aunque la sociedad los busca más por motivos lúdicos e incluso por moda, pero que se están introduciendo con mayor frecuencia en entornos educativos, influyendo así en la enseñanza-aprendizaje (Urquiza Mendoza, et al, 2016).

Con la tecnología inmersiva, se abren nuevas posibilidades educativas como el aprendizaje experiencial o en primera persona que se obtiene cuando el usuario se sitúa en medio de la acción, y es partícipe de lo que ocurre a su alrededor en el mundo virtual (Martínez Cano, 2018). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que podrían presentarse diferencias en su efecto, dependiendo de la calidad de los equipos, debido a que existen los de bajo costo que en la fidelidad de las imágenes tienen importantes diferencias con los de alto costo.

El tema del costo de los equipos para la educación, cada institución que decida usarlos debe considerar y analizar antes de tomar decisiones de compra y equipamiento porque, aunque en todas las experiencias educativas se ha observado, que en la medida que el hardware se vuelve más confiable y el software más accesible, los sistemas de VR se vuelven más fáciles de operar, no obstante, aún no es un sistema lo suficientemente asequible (Martín-Gutiérrez et al., 2017).

La VR y la tecnología inmersiva en general, es una vía menos invasiva al servicio de los contenidos a través de museos, espacios que enfrentan el reto de crear un “ecosistema digital” empático con los visitantes para que hagan suyos los contenidos, humanizar la tecnología y darle accesibilidad universal. Integrar los videojuegos para simular experiencias y aprender divirtiéndose (Barinaga et al., 2017).

Los contenidos en VR, resultan especialmente útiles para educación en la ciencia, en la divulgación científica y del patrimonio cultural que pueden ser divulgados vía internet a través

de los recientes repositorios de modelos 3D que permite su visualización interactiva y ágil desde cualquier computadora o dispositivo móvil de forma totalmente inmersiva (Cabezos Bernal y Rossi, 2017), lo cual representa que los contenidos han roto fronteras y ahora existe la posibilidad de tener acceso a información que se genera en distintos continentes, sin tener que viajar a ellos.

Entre las herramientas más tradicionales para hacer llegar el conocimiento a la sociedad, es decir, fuera de las aulas, han sido los muros, mismos que hoy pueden ofertar contenidos digitales y en VR para aumentar el nivel de comprensión y la curiosidad intelectual en los visitantes, pero además, ofrecer una experiencia que hoy se conoce como “en primera persona”, como se hace en el museo *Palazzo Ducale* en Venecia, Italia, donde fusiona la gestión del patrimonio cultural, el mercadeo, el conocimiento y el entretenimiento, el artista crea las historias, las instituciones las cuentan y la tecnología las hace accesibles (Izzo, 2017).

Esto representa una ventaja para la educación, al proporcionar la posibilidad de traer un museo al aula o al hogar, sin que los estudiantes o la sociedad se muevan a él, para lo cual, sólo sería necesario que la institución o la familia cuente con lentes de VR.

Una de las grandes aportaciones de la tecnología inmersiva es el hacernos viajar al pasado, sumergirnos de manera inmersiva en una historia reciente o no, relevante para la enseñanza del arte antiguo y la arqueología como también ocurre en el Museo de Arqueológico Nacional de Madrid, España, con visitas en VR a Éfeso y Atenas; y aunque esta tecnología todavía requiere perfeccionamientos, promete grandes aportes a la educación en un corto plazo (Valtierra, 2018).

A partir de información real, se puede recrear el pasado, visualizar el presente e incluso recrear el futuro. La VR brinda la posibilidad de los museos virtuales de romper fronteras; lo ha hecho ya la iniciativa privada como el museo Google Art and Culture y Museum Box que sin tener que trasladarse físicamente llega a las masas, desde plataformas electrónicas capaces de albergar conocimiento a través de imágenes tridimensionales e información de sitios de importancia histórica, de explicaciones físicas, químicas, fisiológicas de cómo funciona el universo.

Sin embargo, para aprovechar estos contenidos actualmente es necesario trabajar desde enfoques formales e informales, con intervenciones curriculares y extracurriculares, por vías

convencionales y no convencionales, diseñar contextos de aprendizaje híbridos, flexibles y creativos (Melgar et al., 2018).

Ahora es posible agregar elementos explicativos a una imagen real, recrear el pasado y contar la historia en un ambiente que le permite al usuario recibir la información en primera persona, pues la tecnología inmersiva se caracteriza por poner al usuario en medio del sitio, de la acción, de darle una experiencia de ser la acción, de ser testigo y no un espectador.

La VR, es una herramienta con la que se podría poner al alcance del mundo los museos de cualquier país sin tener que trasladarse a ellos físicamente, haciendo del visitante un sujeto activo (Zúñiga Ortega, et al, 2014; Aznar-Díaz et al., 2018; Rivero y Feliu, 2018), formato que le proporciona al usuario, la posibilidad del autoaprendizaje a través de una experiencia que de otro modo no estaría a su alcance, ya sea por razones económicas, de distancia u otras.

La información electrónica a través de la biblioteca digital y el museo virtual es el presente y futuro para la apropiación social del conocimiento sin fronteras, las bibliotecas tradicionales pueden aumentar su acervo sin necesidad de ampliar sus espacios físicos. Sin embargo, constantemente requieren de la innovación y es así como surgen diversas propuestas.

El origen de las bibliotecas digitales es de una cultura profesional compartida, sin negar que, en la era digital, la propiedad intelectual es el contenido principal del comercio mundial y, por ende, nace la necesidad de que se diseñe una regulación internacionalizada consensuada entre países (Lyman, 2017).

La nueva gestión pública va hacia un modo de gobernanza en red que requiere políticas de información que persistan en el tiempo y que estén diseñadas para aumentar la colaboración entre actores públicos y privados. La distribución del conocimiento demanda estas modificaciones operacionales que incluyen la innovación en la que principalmente participan los usuarios (Scupola y Zanfei, 2016). Esto cobra tal importancia que incluso la biblioteca digital.

Lo anterior por que se reconoce la producción científica basada en datos y que, cada vez más presenta nuevos desafíos, pues la demanda del usuario implica el acceso basado en

contenido a nuevos tipos de documentos, la búsqueda visual y la exploración de entornos de información, hacer que los datos de investigación estén disponibles públicamente a través de estos enfoques interdisciplinarios, que contribuyan a la investigación digital (Bernard et al. 2015).

***La Realidad Virtual en la Educación Patrimonial: una Herramienta Inclusiva y para la Conservación***

La arqueología virtual es una disciplina científica que genera recursos que permiten representar, acercar y enseñar sobre patrimonio a través de herramientas virtuales que abren un abanico de posibilidades en la comunicación, así como nuevos horizontes participativos.

En esta área, la VR ha jugado un papel fundamental en la enseñanza aumentando el interés, el aprendizaje, las vías de comunicación y participación en escuelas, museos virtuales y parques arqueológicos gracias a la reconstrucción virtual que genera caminos bidireccionales y democráticos accesibles e inclusivos, permitiendo la participación social con el patrimonio, superando barreras, especialmente a personas con movilidad reducida, discapacidad cognitiva u otros problemas sensoriales (Delgado Anés y Romero Pellitero, 2017).

Por su parte, la RA también adquiere un papel importante en la educación patrimonial al brindar nuevas oportunidades experienciales a los visitantes de los centros culturales y patrimoniales, capaz de recrear entornos virtuales y digitales que complementan la visita, potenciando su capacidad expositiva y didáctica.

Esta tecnología es una opción que puede usarse en los patrimonios naturales, museos, casas-museo, inmuebles de difícil acceso, yacimientos arqueológicos y sitios de interés etnológicos, con la ventaja de ser un medio no invasivo que permite acercar tanto el patrimonio cultural como el natural a colectivos que están excluidos por motivos físicos o psíquicos (Serrano Alegre et al., 2017).

Especialistas de la Universidad de Alcalá, España, demostraron que la tecnología de VR posibilita las capacidades didácticas al permitir reconstruir de forma visual, y exponer al gran público (y también al resto de los investigadores) las distintas hipótesis que la investigación de

un yacimiento arqueológico pueda generar, por lo que, para la arquitectura y arqueología resulta especialmente útil el uso de la VR (Rascón Marqués y Sánchez Montes, 2008).

Las tendencias más relevantes en cuanto a aplicación didáctica de la arqueología mediante tecnologías digitales parten fundamentalmente de la reconstrucción virtual de los espacios y objetos arqueológicos. La producción de modelos digitales de este tipo se halla en una fase de normalización en la cual la facilitación de la comprensión de la realidad pasada incluye proporcionar al usuario de manera sencilla y visual, la distinción entre los datos obtenidos en la excavación arqueológica y los incluidos en el modelo digital a partir de hipótesis de trabajo o de paralelos históricos, son proyectos que dan lugar a escenarios de aprendizaje informal (Vicent et al., 2015).

En México, se realizó una aplicación de técnicas de imagenología y el desarrollo de métodos computacionales para el análisis de los depósitos arqueológicos contenidos en ocho urnas cinerarias prehispánicas descubiertas en el municipio de Huetamo, Michoacán, México, donde previo a la micro-excavación, se desarrollaron modelos digitales tridimensionales que hoy se posicionan como una importante fuente para la investigación y, sobre todo, para la conservación.

Este estudio propone el diseño del sistema de excavación virtual asistida por Tomografía Axial Computarizada (TAC) como herramienta educativa en la formación de estudiantes de arqueología y antropología física a fin de que tengan un entrenamiento controlado previo a sus prácticas de campo y con ello haya un mayor control de los errores humanos dentro de la excavación real (Punzo Díaz et al., 2017).

Otra propuesta es un itinerario didáctico para el conocimiento del patrimonio histórico que desde la perspectiva del patrimonio cultural de que se puede “valorar” gracias a “conocer”, la cual fue dirigida al patrimonio arqueológico e histórico de la Córdoba Romana, dirigida a estudiantes que, al entender la realidad actual, les permita sentirse parte del mismo (Molina Torres, 2018).

En esta búsqueda de la aplicación y uso de las tecnologías para la educación patrimonial, se desarrolló un proyecto de RA para educación del patrimonio territorial de la ciudad de Salamanca, España, en sus 125 28 hectáreas con 72 hitos patrimoniales relevantes dentro del casco histórico de la ciudad con la cual se proporcionó información temática que se agrupó en un solo modelo en movilidad y portabilidad y se encontró que la personalización de los contenidos permiten una mejora en los procesos de aprendizaje, contextualizándolos a los contenidos y la identidad cultural local (Joo Nagata et al., 2015).

Derivado de este estudio, se creó una aplicación móvil de aprendizaje sobre elementos del patrimonio, relacionada con la implementación de RA y la Navegación Peatonal Móvil enlazados con la información territorial sobre el patrimonio histórico y cultural de Santiago de Chile; el desarrollo del software flexible en un ambiente móvil permitió la presentación de contenidos sobre el patrimonio histórico a estudiantes, además de la incorporación en contextos m-Learning y e-Learning.

En Ecuador, se diseñó otra aplicación en RA para dispositivos móviles con sistema operativo Android: Quito Visión+ cuyo nombre busca mostrar al usuario la información de mayor relevancia de los edificios patrimoniales del centro Histórico de Quito y de esa manera ayudar a promover el turismo en la Capital. Se pueden observar los puntos de interés en RA mediante el enfoque de la cámara en la pantalla del teléfono móvil con un panel de detalles informativos (Simbaña Jaya, 2015).

En educación patrimonial se busca que los proyectos sean útiles dentro y fuera del aula, para la educación formal e informal, ya que, si la información está abierta a cualquier usuario, se analizan las posibilidades de hacerlo a través de la integración de la arqueología virtual con reconstrucciones y recreaciones virtuales y RA como herramientas de interpretación del patrimonio para su uso didáctico.

Se busca mejorar la percepción a partir de entornos inmersivos y envolventes; se desarrollan musealizaciones accesibles con dispositivos móviles utilizando códigos de respuesta rápida (QR por sus siglas en inglés Quick Response Code) y RA (Rivero y Feliu, 2018).

Entorno a lo anterior, cabe destacar el estudio realizado por el Centro de Investigación y Desarrollo en Arqueología Virtual de Andalucía y el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Virtual de la Universidad de Sevilla, España, que diseñaron un centro cultural en los alrededores de la ciudad, dedicado al río Guadalquivir y su Memoria, con un nuevo marco para infraestructuras culturales multifuncionales destinadas a perpetuar y fortalecer el conocimiento del patrimonio cultural, añadiéndole nuevo valor didáctico a través de la museología del siglo XXI y las últimas tecnologías virtuales en 3D (Grande León, 2010).

En otro contexto, la VR ha sido útil para personas con Síndrome de Down que consiguen con estos contenidos mayor autonomía e independencia en la vida cotidiana y les facilita sus relaciones con los demás gracias a la fusión de la enseñanza basada en el juego (Martín Sabarís y Brossy Scaringi, 2017; Bhagat, Liou y Chang, 2016; De Prado, 2018), lo cual, permite afirmar que la tecnología inmersiva tiene gran potencial como herramienta de educación incluyente.

### Capítulo III. Análisis de Resultados

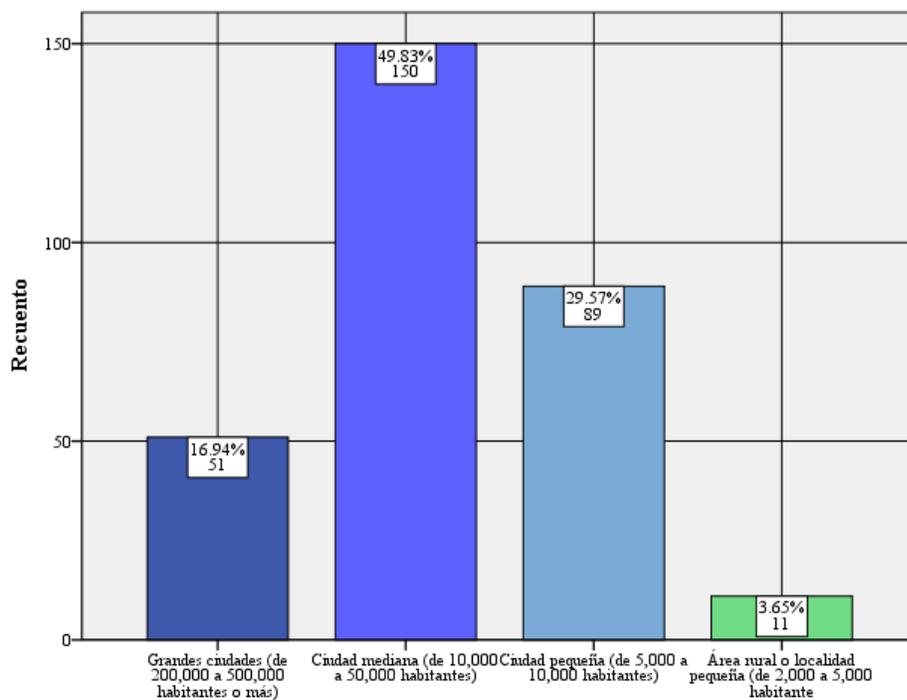
Este capítulo contiene los resultados del estudio cuantitativo y cualitativo de la presente tesis y está dividido en dos partes: 1) la utilidad de la VR para transmitir conocimiento y 2) la influencia de la VR en la retención y comprensión de la información.

#### Estadísticos Descriptivos: Características Sociodemográficas de los Sujetos Participantes

Este apartado contiene las características de los sujetos participantes en el estudio, tales como sexo, tamaño de la población donde viven, si estudia en escuela pública o privada, el nivel socioeconómico al que pertenece, así como su área de estudios y su edad.

En este cuasi-experimento participaron 302 sujetos de los cuales el 58.9% son mujeres y el 41% hombres. El 49.8% radica en ciudad mediana (de 10 000 a 50 000 habitantes), el 29.5% de ciudad pequeña (de 5 mil a 10 mil habitantes) el 16.9% de grandes ciudades y el 3.6% de área rural (de 2000 a 5000 habitantes), tal como se evidencia en la Figura 3.

Figura 3. Lugar de residencia del sujeto participante

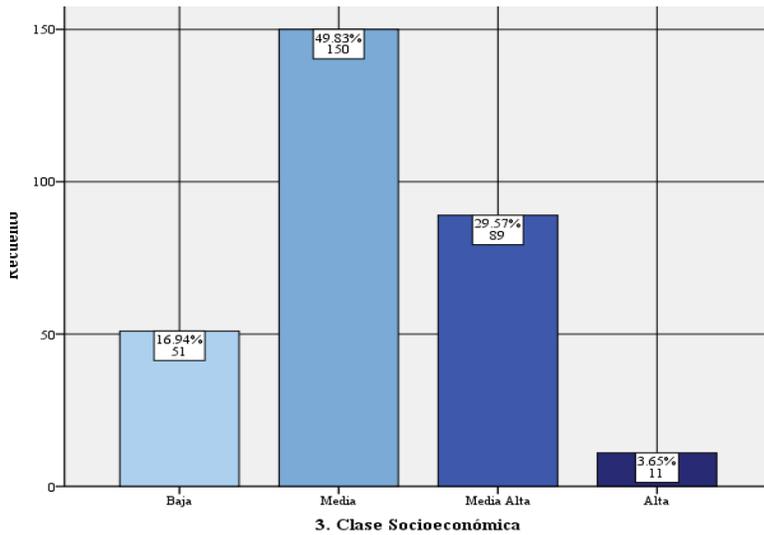


4. Lugar donde vives

Fuente: Realización propia

Respecto a la clase socioeconómica a la que pertenecen los sujetos participantes, el 49.8% manifestó pertenecer a la clase socioeconómica media, el 29.5% media alta, el 16.9% a la clase socioeconómica baja y el 3.6% a la clase alta (Figura 4).

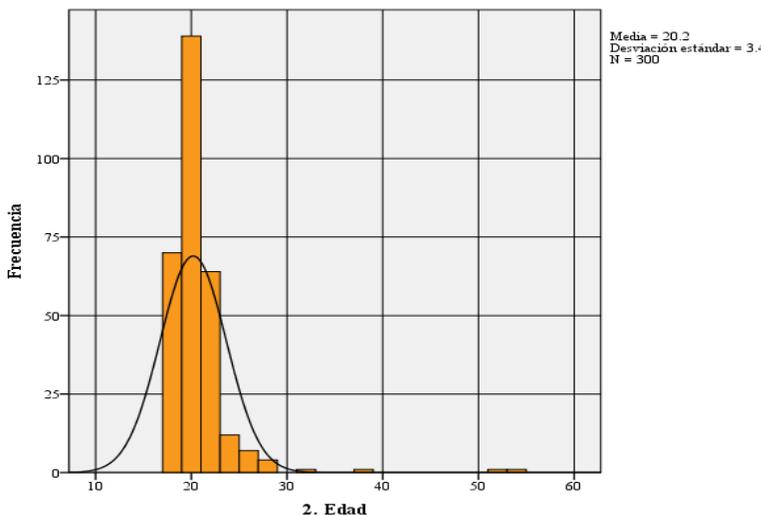
Figura 4. Clase socioeconómica del sujeto participante



Fuente: Realización propia

La edad promedio de los sujetos participantes es de 20.2 años, debido a que todos son estudiantes universitarios y en general, estudian entre los 18 y los 24 años de edad con algunas excepciones que se salen de este grupo de edad (Figura 5).

Figura 5. Edad promedio de los sujetos participantes

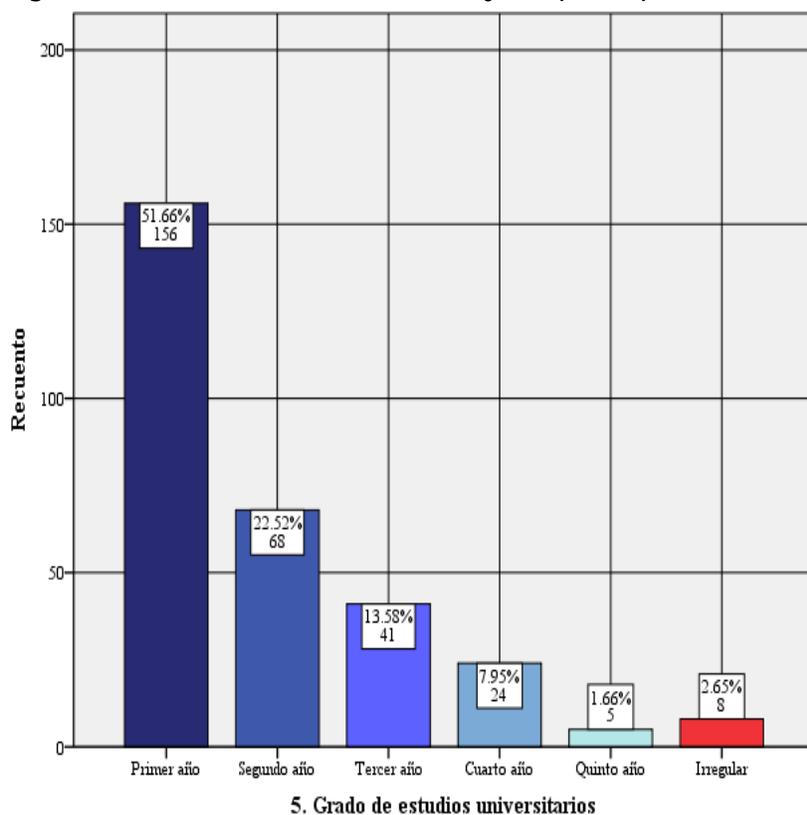


Fuente: Realización propia

De los 302 participantes el 45.7% utilizó la tecnología de VR y el 54.3% el contenido visual y audiovisual tradicional. El 64.5% estudia en universidad pública y el 35.4% en institución privada, el 35.4% fueron estudiantes del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Chihuahua. El 19.8% de los participantes es de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), el 44.7% de la Universidad Tecnológica de la Tarahumara (UTT) y de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), ambas ubicadas en el municipio de Guachochi, Chihuahua en la zona rural del estado.

El 51.66% de los participantes cursan el primer año de la universidad, el 22.52% el segundo, el 13.58 por ciento el tercero y el resto son de cuarto y quinto año y el 2.5% son estudiantes irregulares que cursan materias de distintos grados (Figura 6).

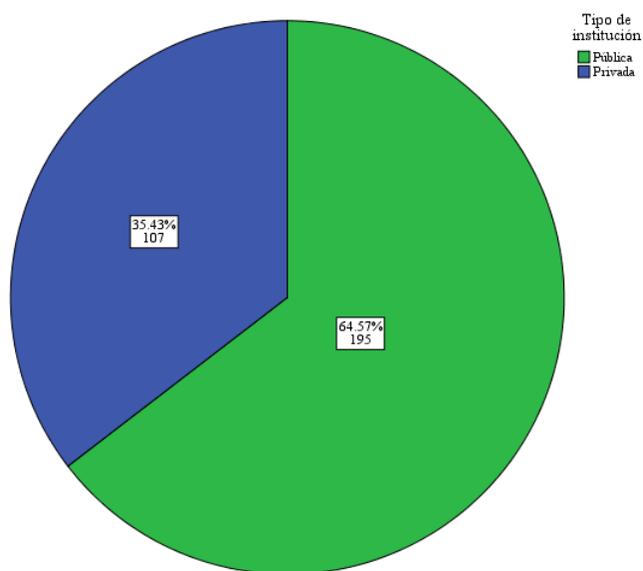
Figura 6. Grado de estudios de los sujetos participantes



Fuente: Realización propia

Los participantes pertenecen tanto a la universidad pública como a la privada, el 64.57% son alumnos de instituciones públicas y el 35.43 de privada, los cuales, se distribuyeron en una institución particular y en tres distintas universidades públicas. Sin embargo, en la prueba piloto participó una segunda escuela privada (Universidad Regional del Norte), datos que se utilizaron para corregir el instrumento con el que se aplicó en cuasi-experimento, por tanto, la participación de la segunda institución privada no se contempla dentro de los datos de resultados (Figura 7).

Figura 7. Tipo de universidad donde estudian los sujetos participantes



Fuente: Realización propia

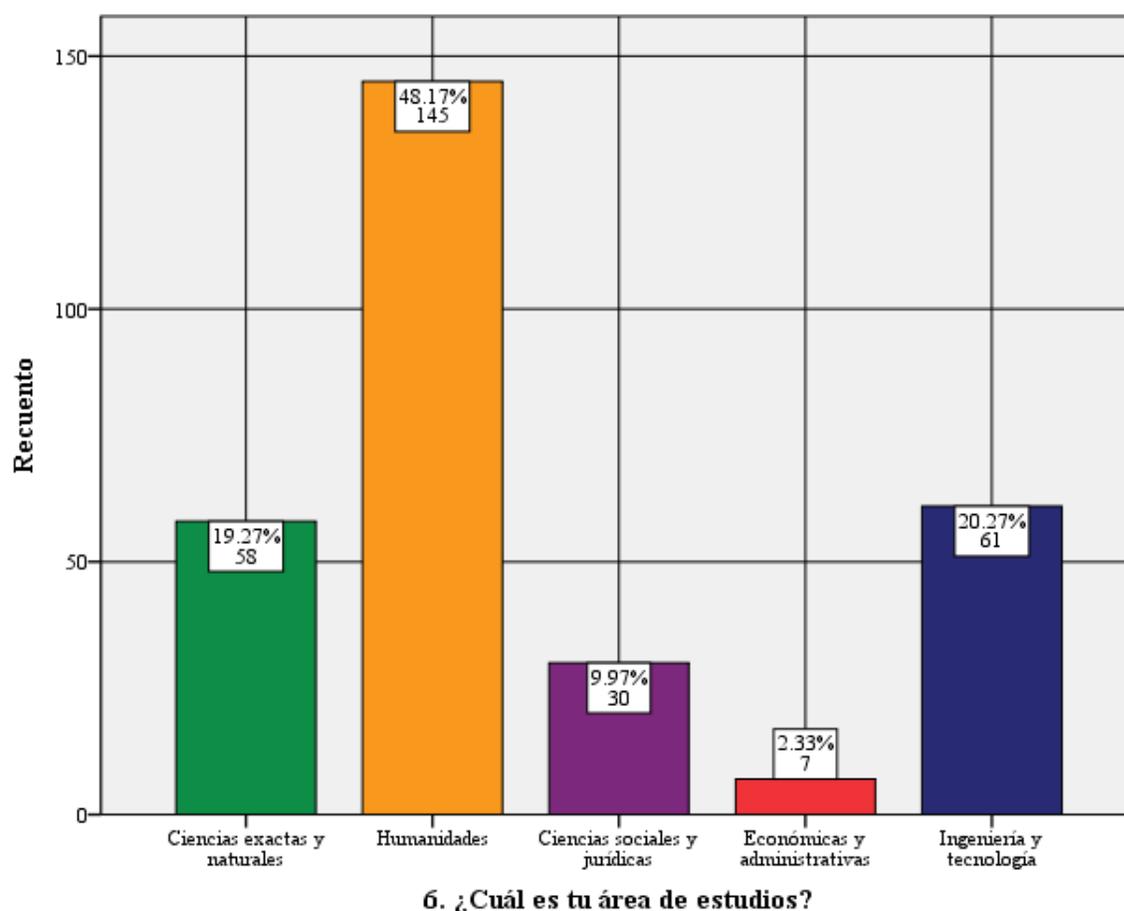
El 44.7% de los participantes viven en zonas rurales y el 55.3% en zona urbana. El 51.6% de los universitarios participantes cursaba el primer año de la carrera al momento de este estudio, el 22.5% el segundo año, el 13.5% el tercer año, el 7.9% el cuarto año, el 1.6% el quinto año y el 2.6 de los participantes fueron estudiantes en situación irregular que cursaban materias de varios semestres, son alumnos considerados en situación irregular.

En el caso de éstos últimos, por distintas circunstancias repiten año, principalmente por haber reprobado alguna materia que debido a la modalidad de los planes de estudio anual, semestral o cuatrimestral, pero las instituciones no ofertan las mismas materias en el mismo ciclo, sino que, las ofrecen solo una vez por año, de manera que los alumnos que reprueban

alguna, se quedan en una situación irregular y terminan la carrera en al menos un año más de lo que duraría el programa si lo cursaran sin contratiempos.

El 48.1% de los jóvenes que participaron en este estudio son alumnos de carreras del área de humanidades, el 20.2% ingeniería y tecnología, el 19.2% ciencias exactas y naturales, el 9.7% ciencias sociales y jurídicas y el 2.3% del área económico administrativas, según lo asentaron ellos mismos en el registro de datos generales que se levantó previo a la realización del cuasi-experimento (Figura 8).

Figura 8. Área de estudios de los participantes



Fuente: Realización propia

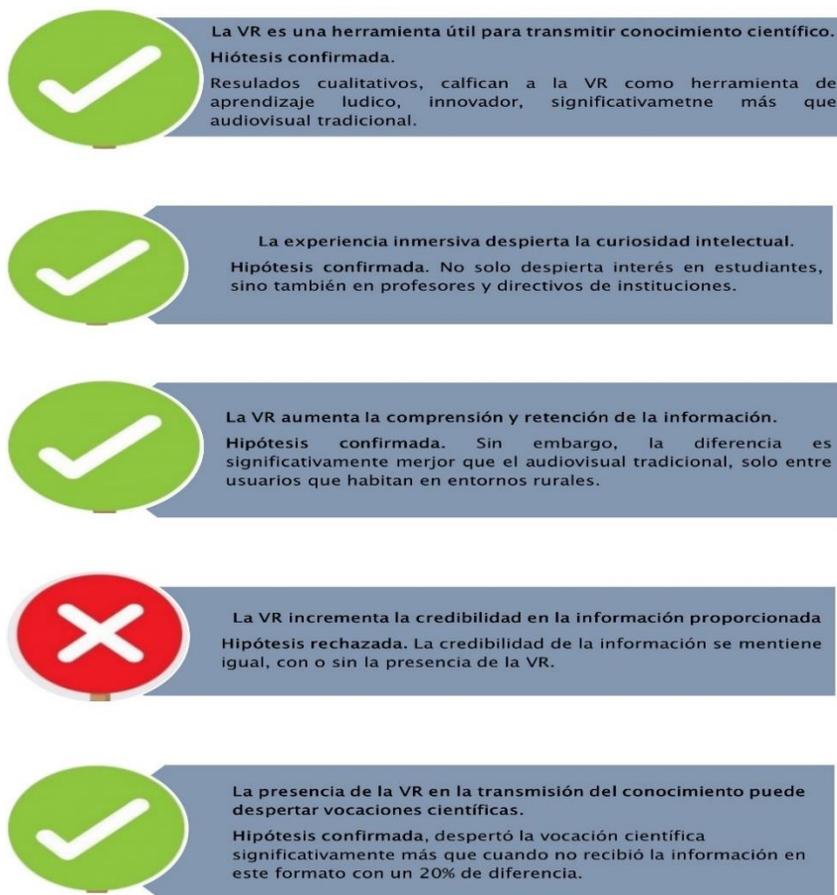
### Resumen de Resultados

De acuerdo con la hipótesis multivariada planteada en la presente tesis se confirma que, la VR es una herramienta útil para transmitir conocimiento científico; la experiencia inmersiva

despierta la curiosidad intelectual, aumenta la retención y comprensión de la información, de acuerdo con los resultados obtenidos tanto cualitativos como cuantitativos; y se confirma también que la VR despierta vocaciones científicas.

Sobre el incremento de la credibilidad de la información proporcionada cuando la información se presenta en formato de VR, no se ve modificada, por lo que esta hipótesis es nula. La Figura 9 presenta un resumen de los hallazgos en relación con las hipótesis.

Figura 9. Resumen de hipótesis



Fuente: Realización propia

Las preguntas de investigación a partir de las cuales se realizó la presente tesis y que se presentan y responden a continuación:

### **Pregunta General**

**¿Qué influencia tiene la tecnología de realidad virtual para transmitir conocimiento científico e incrementar la comprensión y como herramienta para generar cultura científica?**

La VR tiene una influencia positiva para transmitir conocimiento científico, incrementar la comprensión de la información y generar cultura científica, de acuerdo con los resultados obtenidos de la presente tesis. Sin embargo, a diferencia de los audiovisuales tradicionales, esto ocurre entre usuarios de contexto muy concretos.

Los resultados arrojan que cuanto más pequeña es la población donde vive el sujeto participante, mejor es el aprovechamiento de la VR para adquirir conocimientos. Existe una mayor utilidad de la VR para transmitir conocimiento entre usuarios de universidad pública (0.029) que entre los de institución privada y es significativamente mejor el efecto de la VR para el aprovechamiento de la información cuando el usuario viven en área rural (0.05) que entre los que viven en zona urbana.

El dato anterior también lo afirma el análisis por zona donde se ubican las instituciones donde estudian los sujetos participantes que influye en el aprovechamiento de la VR para la transmisión de conocimiento, resultando significativamente mejor (0.020) entre los sujetos de la UTT y UPN ubicadas zona rural que los usuarios de universidades ubicadas en zona urbana.

Esto significa que la utilidad de la VR depende en gran medida del contexto del usuario. Resultado confirmado por el análisis realizado tomando en cuenta el aprovechamiento de la VR según el tamaño de la población donde viven los sujetos participantes, y que, entre más chica es la población donde vive el usuario de la VR, mejor el efecto de ésta para transmitirle conocimiento.

En análisis global que evalúa específicamente el efecto de la VR en la retención de información, los resultados arrojan que existen diferencias significativas en su nivel de retención de información, pero entre usuarios de entornos muy concretos.

En estudios específicos por ámbito donde se ubica la universidad del sujeto participante, la utilidad de la VR presenta una diferencia significativa (0.040) con un mayor nivel de retención y comprensión de la información en los estudiantes de universidades ubicadas en la zona rural, en tanto que los de los sujetos participantes estudiantes de las universidades ubicadas en la zona urbana, igual, con o sin la presencia de la VR.

Los resultados del estudio según la institución muestran diferencias estadísticamente significativas (0.020) en este rubro. Los sujetos participantes de las universidades ubicadas en zona rural presentan un mayor nivel de retención y comprensión de la información cuando usan VR que cuando no lo hacen, en tanto que, los usuarios de las universidades ubicadas en zona urbana, el resultado es muy similar con o sin la presencia de la VR.

En los resultados cualitativos arrojan que existe una influencia positiva importante en el uso de la VR para la transmisión del conocimiento, y en la generación de cultura científica, significativamente mejor que cuando los contenidos se presentan en materiales visuales y audiovisuales tradicionales. Especialmente por la capacidad de la VR de ser una experiencia en primera persona, “sentir como estar ahí”, también conocida como “aprendizaje experiencial”.

El resultado arroja también que la VR es una herramienta para el aprendizaje lúdico e innovador, en mayor medida que los contenidos tradicionales. Los usuarios encuentran a la VR como una tecnología didáctica más eficaz que los contenidos tradicionales.

En cuanto a la eficacia de la VR para generar interés por la ciencia y despertar vocaciones científicas, existen resultados positivos. Quien recibió la información en VR, incrementó su interés por la ciencia y le despertó la vocación científica significativamente más que cuando no recibió la información en este formato.

La utilidad de la VR para la comprensión del tema científico arrojó diferencias significativas en favor de esta tecnología que registra una mejor retención y comprensión a cuando la información se recibe en formato tradicional. También incrementa el interés por saber más.

Adicionalmente, según los datos cualitativos recogidos por 19 observadores participantes, destaca el alto grado de inmersión de la VR, al registrar que algunos usuarios intentaron tocar, además de la frecuente expresión de “sentí que estuve ahí”. Adicional al interés que despertó no solo entre alumnos, sino también entre profesores y directivos.

### **Preguntas Específicas**

**¿Qué diferencias arroja el método tradicional para transmitir información científica dentro del aula contra el método tradicional más el uso de VR como herramienta complementaria?**

La utilidad de la VR para la transmisión de la información científica, comprensión y retención es significativamente mejor que el formato tradicional, pero únicamente entre usuarios de contextos rurales, con una diferencia significativa (0.040). Entre los sujetos participantes estudiantes de las universidades ubicadas en la zona urbana, el aprovechamiento se mantiene igual con o sin la presencia de la VR.

Los resultados según el análisis por institución muestran diferencias estadísticamente significativas (0.020) en este rubro. Confirmando lo anterior. La VR es más útil entre los usuarios de las universidades ubicadas en zonas rurales que urbanas.

a) ¿En qué medida la herramienta de VR sirve para despertar curiosidad intelectual?

La tecnología inmersiva influye en la curiosidad por querer saber más, es decir, incrementa la curiosidad intelectual, cuando el sujeto participante recibe la información en un formato de VR, presenta un mayor nivel de curiosidad sobre el tema que se le proporciona, que cuando la información se le presenta en audiovisual tradicional, con 30.5 de diferencia.

En los datos cualitativos recogidos, se encuentra que, el nivel de curiosidad incrementa con la presencia de la VR, pues se documenta que incluso, el ofrecimiento de la demostración con tecnología inmersiva, fue la motivación de algunos sujetos participantes por ser parte de este estudio y que, la tecnología de VR no solo despertó curiosidad entre los estudiantes, sino también entre profesores y directivos de las universidades participantes.

**¿En qué medida el uso de la VR aumenta el nivel de comprensión y retención del tema?**

Se encontraron diferencias significativas cuando el usuario recibe la información en VR con un siete por ciento más de comprensión a cuando recibe la información en contenidos visuales y audiovisuales tradicionales. Se registró una mejor retención, interpretación y comprensión de la información cuando usan la VR a cuando no lo hacen.

Quienes recibieron la información apoyados con contenidos tradicionales respondieron con un 5.1% menos de certeza que quienes recibieron la información en VR, aunado a que, se presentó un 4.5%.

**¿En qué medida la tecnología de VR incrementa la credibilidad de la información proporcionada?**

Los resultados arrojan que la credibilidad se mantiene igual, utilizando imágenes en cualquiera de los dos formatos, VR o audiovisual tradicional. El nivel de credibilidad se mantiene muy similar en cualquiera de los dos formatos.

**¿Cuáles son las diferencias de los beneficios en el uso la VR entre usuarios de universidades públicas y privadas, entre rurales y urbanas?**

En cuanto a la utilidad de la VR para transmitir conocimiento entre usuarios de universidad pública contra los de universidad privada se encontró una diferencia significativa (0.029) con mayor aprovechamiento de la tecnología entre los sujetos participantes de instituciones públicas, en tanto que, los usuarios de universidades privadas, la utilidad ocurre a la inversa, existe un incremento cuando el material proporcionado, es el audiovisual tradicional.

En la utilidad de la herramienta de VR dependiendo del ámbito donde vive el sujeto participante, en área urbana o rural, los usuarios presentaron diferencias significativas (0.05) con la presencia de la VR. Los sujetos participantes de la zona rural son quienes tuvieron mayor aprovechamiento de la información cuando utilizaron esta tecnología como un material complementario al expuesto por el profesor, en tanto que los usuarios habitantes de las ciudades se vieron más beneficiados cuando recibieron la información como material complementario de audiovisuales tradicional.

Sobre la Utilidad de la VR para incrementar el nivel de comprensión y retención de la información, presenta una diferencia significativa (0.040) con un aprovechamiento en los estudiantes de universidades ubicadas en la zona rural, en tanto que los de los sujetos participantes estudiantes de las universidades ubicadas en la zona urbana, se mantiene muy similar cuando reciben la información en un formato tradicional que cuando lo reciben en VR.

Los resultados del estudio según la institución muestran diferencias estadísticamente significativas (0.020) en este rubro. Los sujetos participantes de la UTT y de la UPN, ambas públicas, ubicadas en el municipio de Guachochi, Chihuahua, en la zona rural, los sujetos participantes presentan un mayor nivel de retención y comprensión de la información cuando utilizan VR que cuando no lo hacen, al igual que los sujetos de la UACH, universidad pública ubicada en zona urbana.

Contrario a lo anterior, los sujetos participantes del ITESM, campus Chihuahua, universidad privada, ubicada en la zona urbana, el nivel de retención y comprensión de la información se mantiene igual cuando reciben los contenidos audiovisuales tradicionales o en formato de VR.

### **¿Cuál es la influencia de la VR para despertar vocaciones científicas?**

La VR tiene una influencia positiva para despertar vocaciones científicas, encontró una diferencia significativa cuando se usa la VR en comparación a cuando el usuario recibe la información en imagen o audiovisual tradicional.

Aunque los datos perciben un fin de análisis cualitativo de datos, fue posible hacer un análisis estadístico de la respuesta con la prueba de Chi-cuadrado que permite afirmar que cuando el sujeto participante recibió la información en VR, incrementó su interés por la ciencia y le despertó la vocación científica significativamente más que cuando no recibió la información en este formato (20% de diferencia).

**¿Qué influencia tiene la VR en la para despertar interés por la ciencia?**

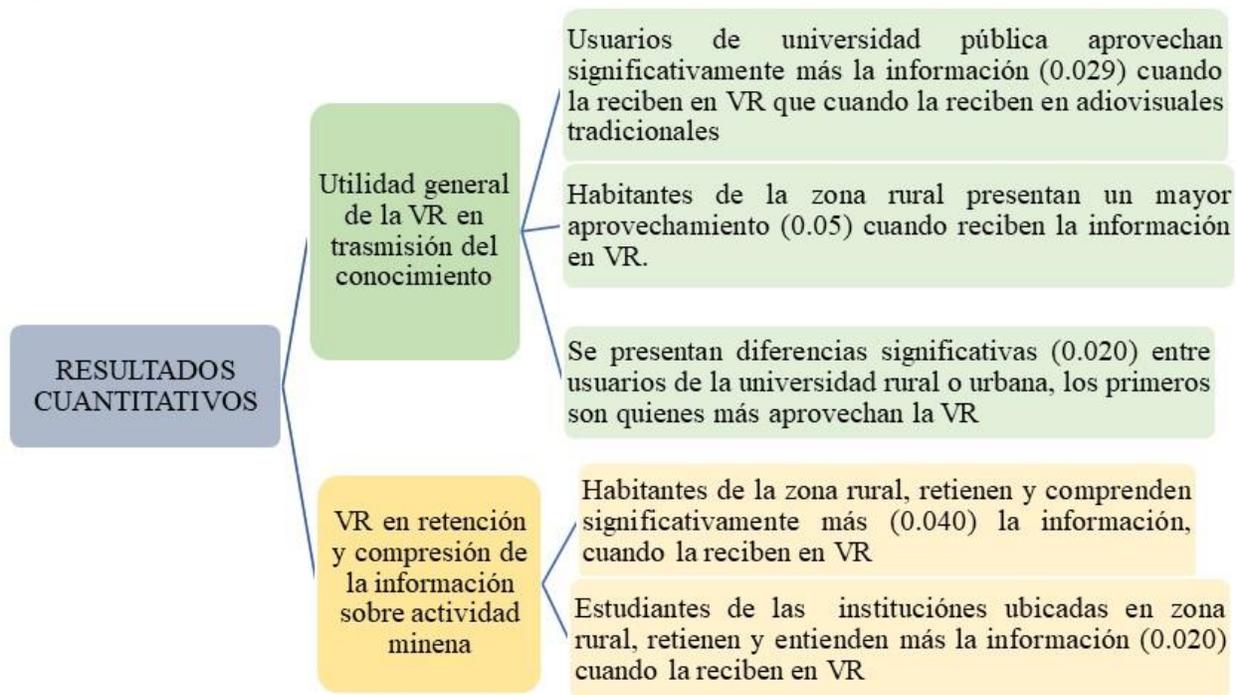
los hallazgos de esta tesis, afirma la influencia positiva que tiene la VR para despertar el interés por la ciencia significativamente más (0.034) que cuando la información se presenta en audiovisual tradicional, en tanto que los resultados cualitativos encontrados durante la observación participante, afirman que no solo despierta interés en estudiantes, sino también en profesores y directivos de instituciones.

La herramienta que recoge datos cualitativos a través de preguntas de opción múltiple a fin de encontrar datos sobre la influencia que puede tener la VR para cambiar la percepción e interés por la ciencia se encontró una diferencia significativa con un incremento del 8.6 por ciento cuando se usa la VR en comparación a cuando el usuario recibe la información en imagen o audiovisual tradicional.

**Resultados Cuantitativos**

Aquí se presentan los resultados que se obtuvieron con escala de Likert en cuanto a la utilidad de la tecnología VR en comparación con audiovisuales tradicionales para determinar cuáles son las diferencias de su utilidad para: 1) transmitir conocimiento; 3) ganar credibilidad; 4) despertar curiosidad intelectual; 5) despertar motivación e interés sobre el tema (Figura 10).

Figura 10. Resumen de resultados cuantitativos

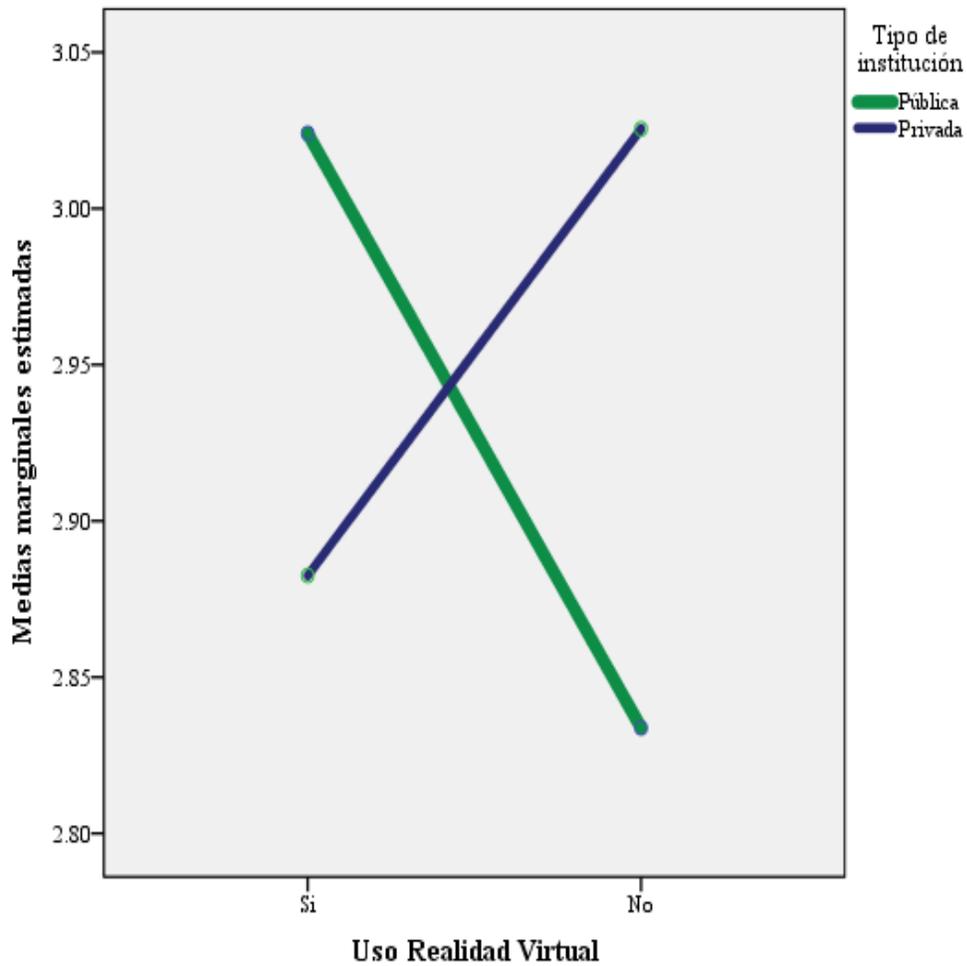


Fuente: Realización propia

Los resultados arrojan que la credibilidad se mantiene igual, utilizando imágenes en cualquiera de los dos formatos, VR o audiovisual tradicional. No hay diferencia significativa ni variación en ninguno de los casos.

En cuanto a la utilidad de la VR para transmitir conocimiento entre usuarios de universidad pública contra los de universidad privada se encontró una diferencia significativa (0.029) con mayor aprovechamiento de la tecnología entre los sujetos participantes de instituciones públicas, en tanto que, los usuarios de universidades privadas, la utilidad ocurre a la inversa, existe un incremento cuando el material proporcionado, es el audiovisual tradicional (Figura 11).

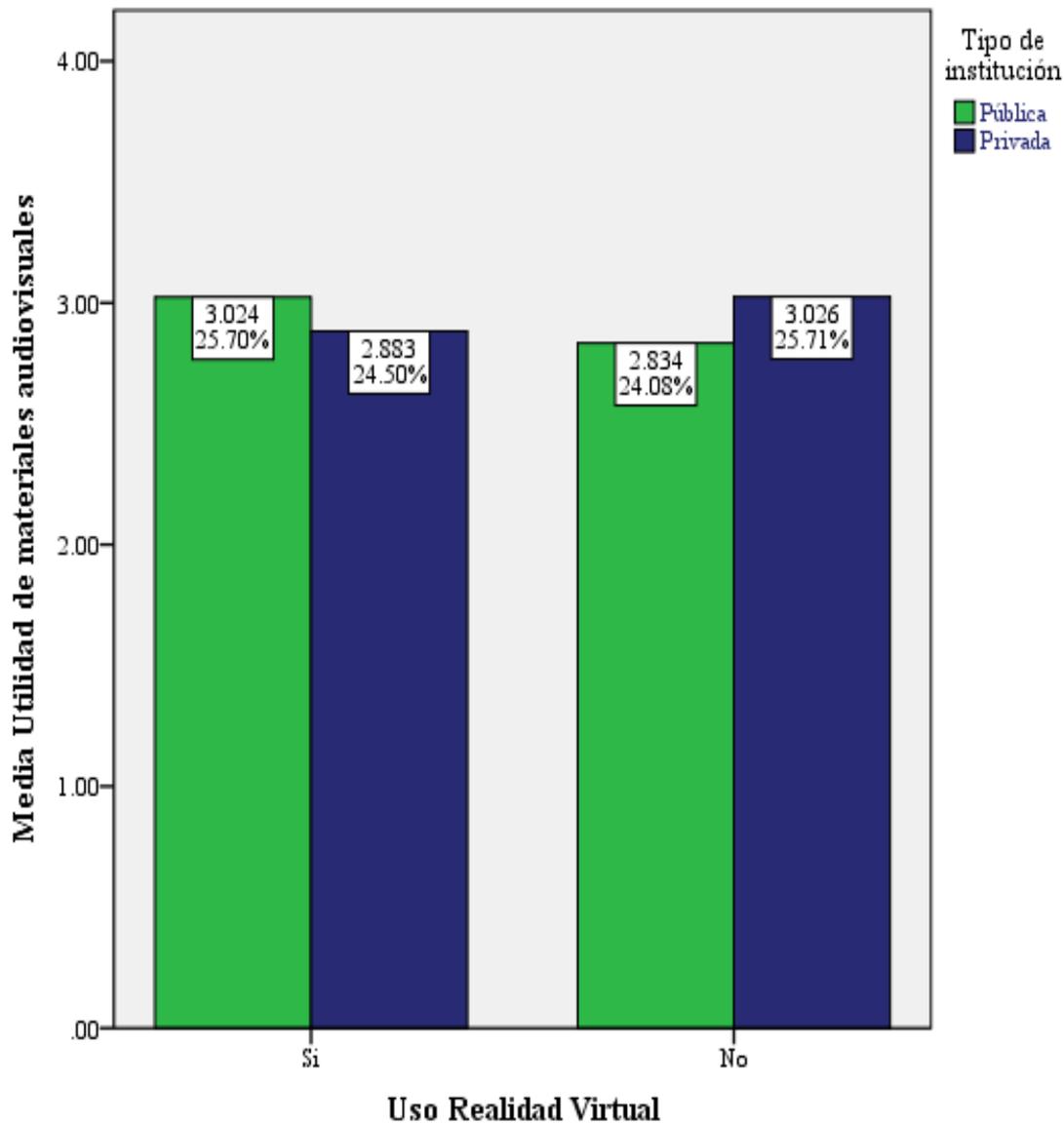
Figura 11. Utilidad de la Realidad Virtual por tipo de institución



Fuente: Realización propia

Las diferencias globales en cuanto a utilidad de las imágenes en VR contra las tradicionales también se presentan en los gráficos de barras, donde se puede apreciar con mayor objetividad el porcentaje de la diferencia (Figura 12).

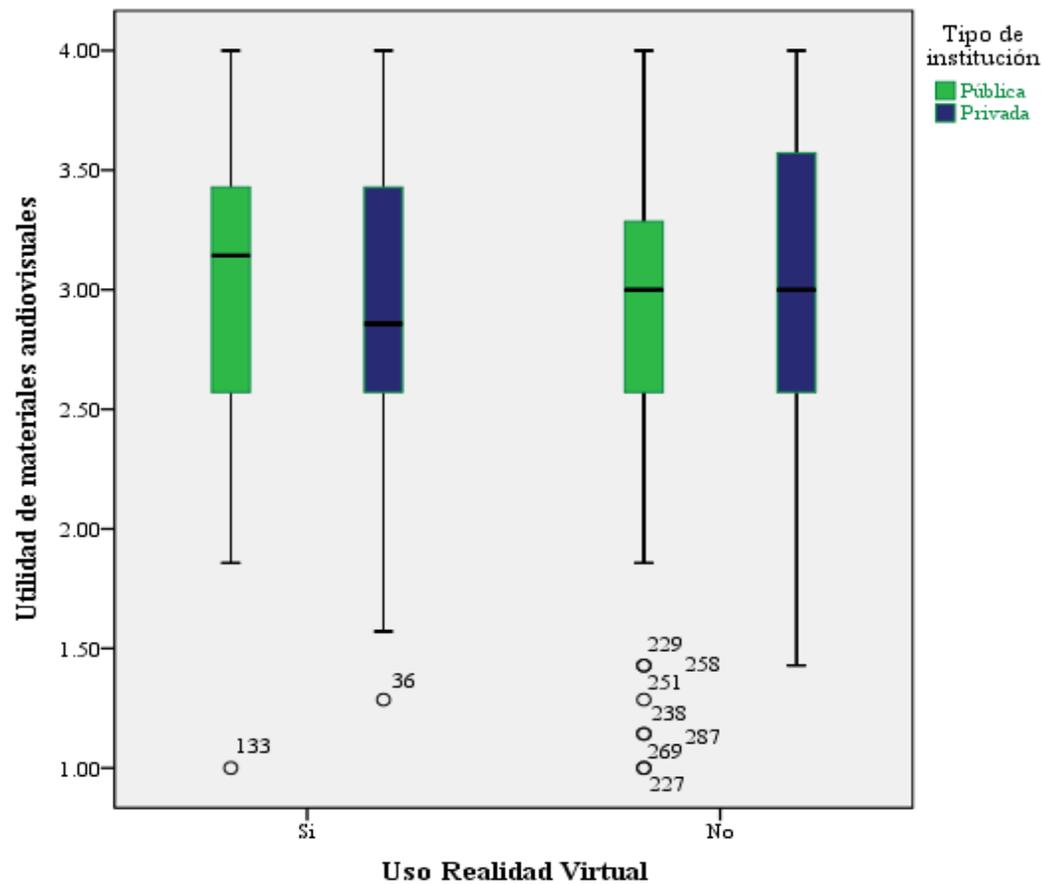
Figura 12. Utilidad de la Realidad Virtual por tipo de institución



Fuente: Realización propia

Para fines de presentar los resultados con objetividad, es importante presentar las distintas opciones de gráficas que proporciona la herramienta de análisis de datos del software SPSS, y que, para algunos grupos de la comunidad académica puede resultar más clara o enriquecedora como es el gráfico de cajas (Figura 13).

Figura 13. Gráfico de cajas con los casos atípicos presentados

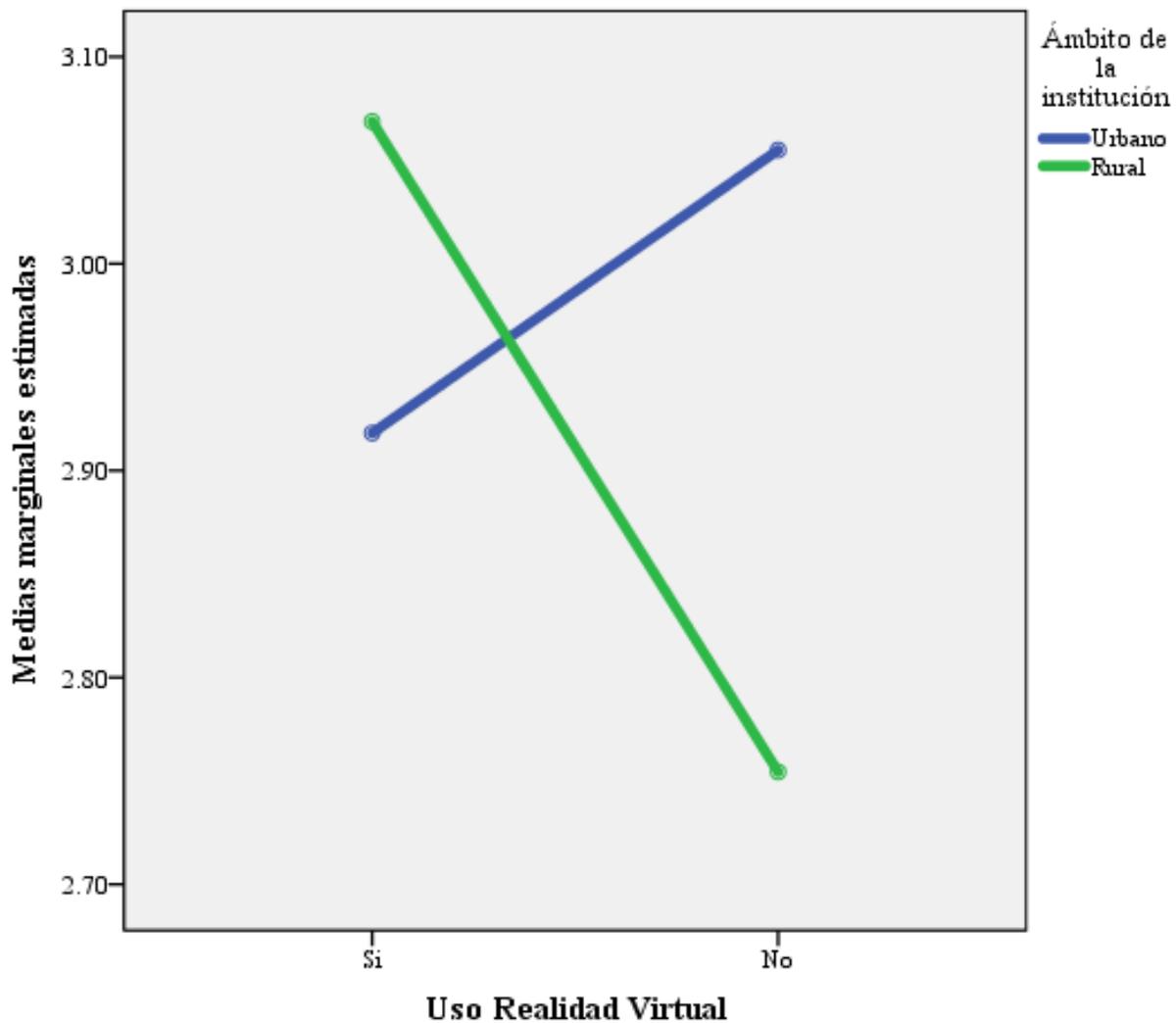


Fuente: Realización propia

En la utilidad de la herramienta de VR dependiendo del ámbito donde vive el sujeto participante, en área urbana o rural, los usuarios presentaron diferencias significativas (0.05) con la presencia de la VR.

Los sujetos participantes de la zona rural son quienes tuvieron mayor aprovechamiento de la información cuando utilizaron esta tecnología como un material complementario al expuesto por el profesor, en tanto que los usuarios habitantes de las ciudades se vieron más beneficiados cuando recibieron la información como material complementario de audiovisuales tradicional (Figura 14).

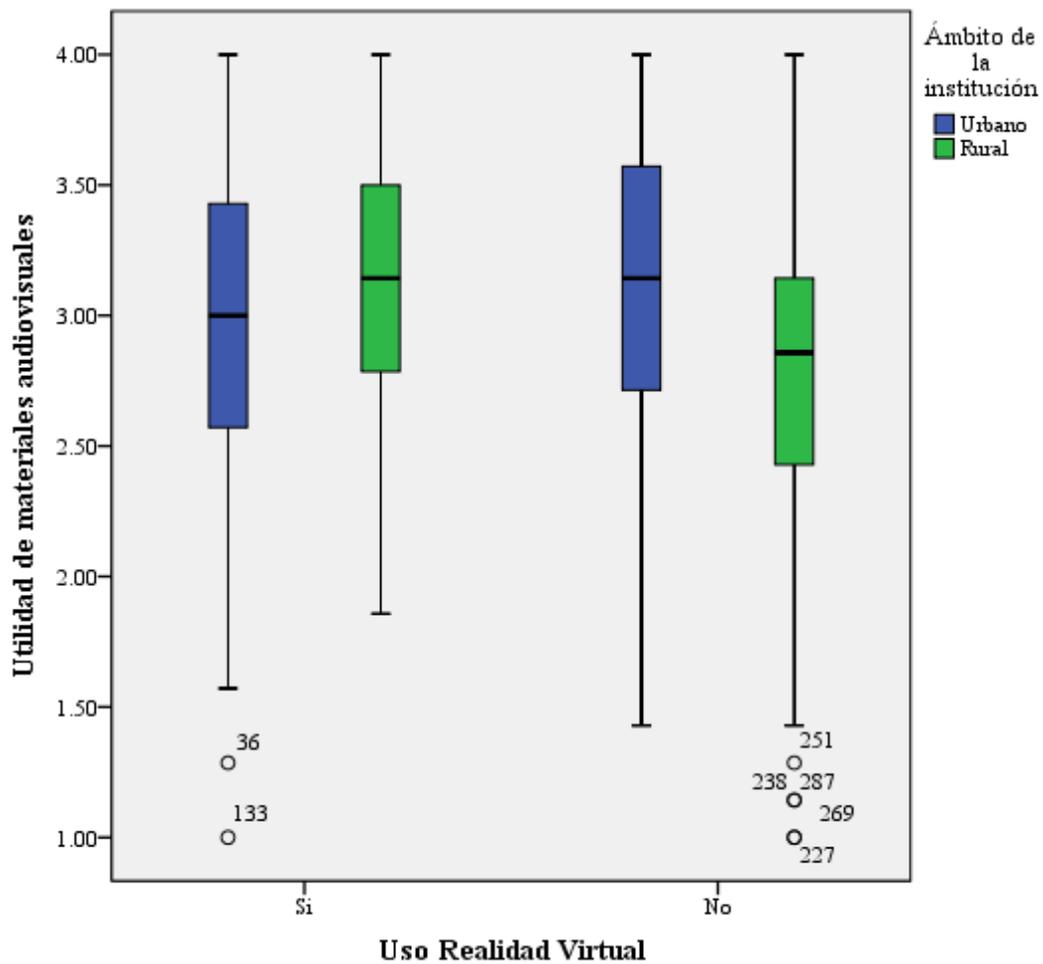
Figura 14. Utilidad de la Realidad Virtual por área donde vive el sujeto participante



Fuente: Realización propia

Los gráficos de cajas (Figura 15) presentan los mismos resultados antes mencionados, pero visualmente distintos, a fin de exponer la forma que, sobre todo, los académicos de ciencias exactas prefieren o usan con mayor frecuencia.

Figura 15. Resultados con casos atípicos por ámbito de la institución donde estudia el sujeto participante.



Fuente: Realización propia

La información se presenta también en formato de Tabla 5, con la prueba inter-sujetos con el fin de explicar con números exactos las diferencias en el aprovechamiento comparando los sujetos participantes que utilizaron VR contra quienes recibieron la información complementaria en un formato de audiovisual tradicional.

Tabla 5. Utilidad de la Realidad Virtual por lugar donde vive el sujeto participante

Variable dependiente: Utilidad de materiales audiovisuales					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4.751 <sup>a</sup>	3	1.584	4.301	.005
Intersección	2465.348	1	2465.348	6695.765	.000
Usovr	.558	1	.558	1.516	.219
Ámbito	.399	1	.399	1.083	.299
usovr * ámbito	3.606	1	3.606	9.794	.002
Error	106.777	290	.368		
Total	2644.755	294			
Total corregido	111.527	293			

a. R al cuadrado = .043 (R al cuadrado ajustada = .033)

Fuente: Realización propia

En el estudio realizado para determinar el nivel de utilidad de la herramienta de VR, por institución, se obtuvieron diferencias significativas dependiendo del lugar donde estudian los participantes (0.020), dato que confirma los resultados anteriores.

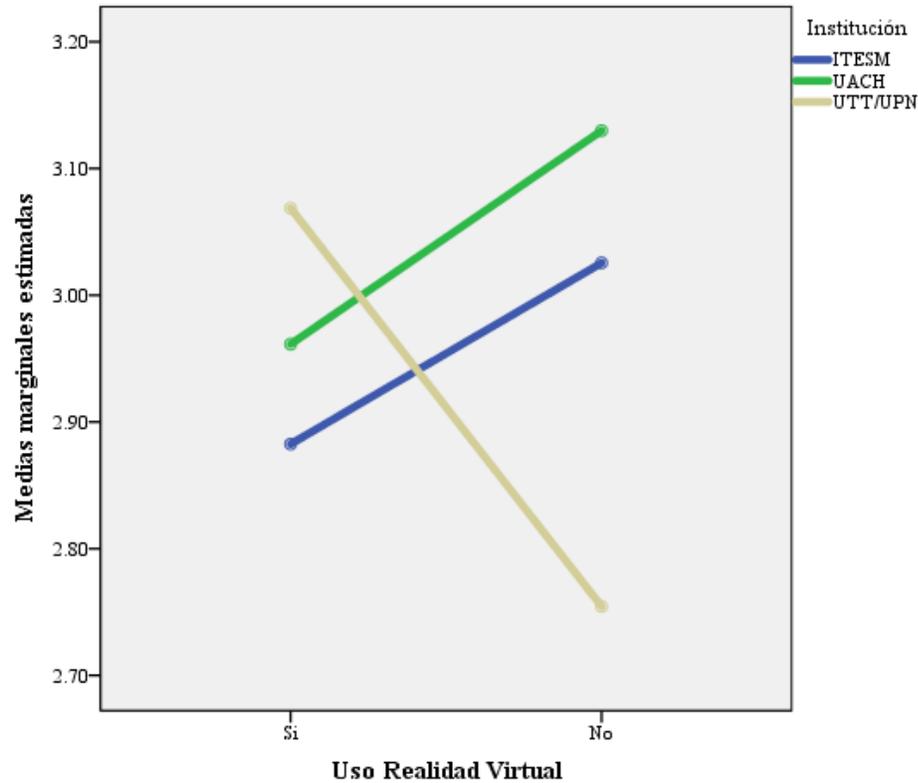
Los participantes de la UTT en el municipio de Guachochi, Chihuahua, ubicada en la zona serrana, a la que asisten estudiantes procedentes de pequeñas comunidades, además de los de la UPN, ambas instituciones ubicadas en la misma zona y con características similares de un ámbito rural, tienen un impacto positivo mayor cuando utilizan la herramienta de VR como un material didáctico complementario a la explicación convencional proporcionada en aula por el profesor.

Contrario a lo anterior, los sujetos participantes de la UACH y los del ITESM, ambos ubicados en la capital del estado de Chihuahua, en una zona urbana de poco más de un millón de habitantes, la utilidad ocurrió a la inversa, con el video e imágenes tradicionales como material complementario a la explicación convencional proporcionada por el profesor dentro del aula, obtuvieron un mayor aprovechamiento.

Lo anterior prueba que la utilidad de la tecnología de VR depende en gran medida del contexto del usuario, lo novedoso que pueda ser para el estudiante el formato en el que se le

presente la información es importante al momento de utilizarla como material didáctico dentro de contextos académicos en la universidad, lo cual indica que su utilidad depende de las necesidades concretas de cada población en la que se pretenda utilizar (Figura 16).

Figura 16. Utilidad de la Realidad Virtual por institución



Fuente: Realización propia

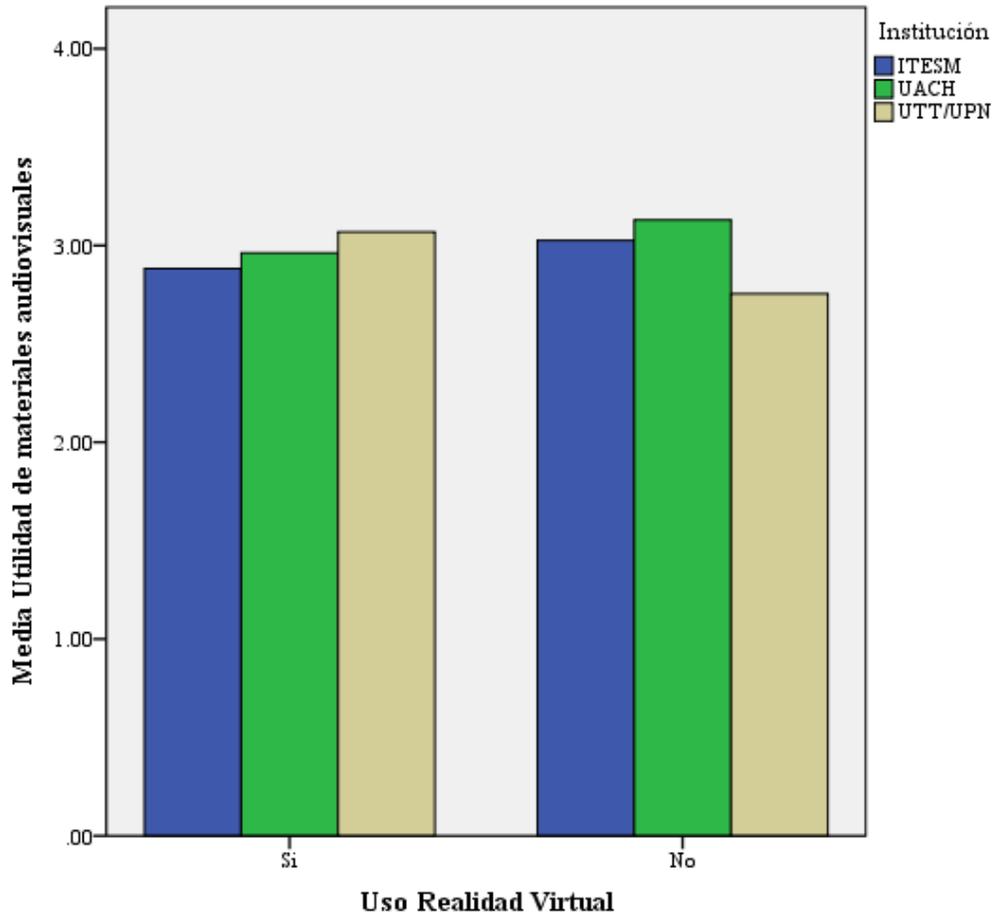
En la Figura 17 se aprecian las diferencias en la utilidad de la VR según la institución de forma diferente, lo cual podría resultar una alternativa para mostrar las diferencias de manera más objetiva que el anterior, y probablemente un formato más utilizado por las ciencias exactas.

El resultado destaca que los sujetos participantes, alumnos de las universidades ubicadas en la zona no urbana, son las que presentan un mayor aprovechamiento de la información cuando se les presenta en un formato de VR, en tanto que los alumnos de la UACH demuestran que les funcionó ligeramente mejor los audiovisuales tradicionales que la tecnología inmersiva.

De manera muy similar se comportó el resultado en el caso de los alumnos del Instituto ITESM, también ubicado en la capital del Estado, en zona urbana, presentan un ligero mayor

aprovechamiento con cuando utilizan audiovisuales tradicionales como material didáctico complementario a la explicación convencional del profesor dentro del aula.

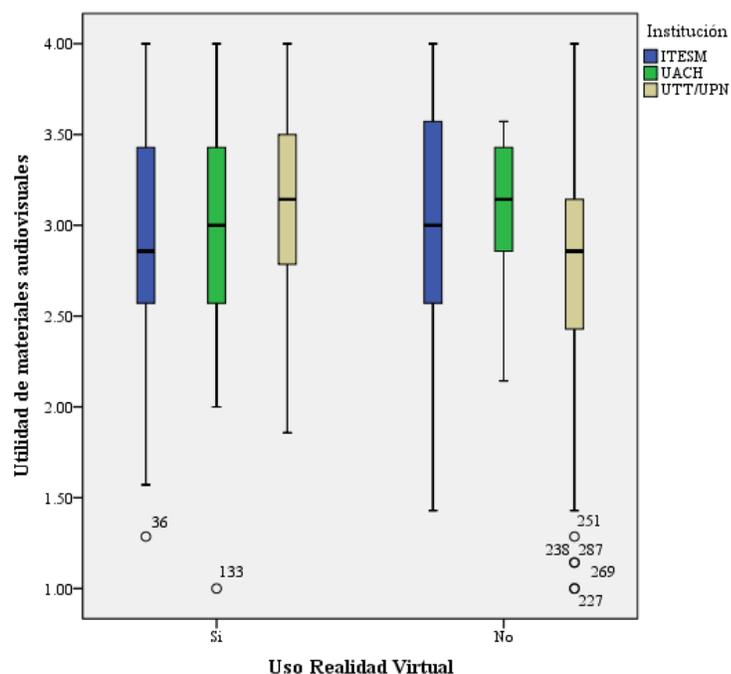
Figura 17. Resultados de utilidad de la Realidad Virtual por institución



Fuente: Realización propia

En la figura de cajas (Figura 18), se presenta otra forma para observar las diferencias de los resultados, en cuanto al aprovechamiento de la VR según la institución donde estudian los sujetos participantes en el presente estudio, en la cual se aprecian los casos atípicos y se aprecian las diferencias de manera clara y precisa. Un formato al que la comunidad científica recurre, especialmente cuando se trata de investigación en la que se han realizado análisis estadísticos de los resultados.

Figura 18. Gráfico de cajas con casos atípicos sobre utilidad de la Realidad Virtual por institución



Fuente: Realización propia

El análisis que determina cuáles son las diferencias en cuanto al aprovechamiento de la VR, se presenta también en la tabla de pruebas de efectos de inter-sujetos a fin de exponer de las distintas gráficas de los resultados antes dichos (Tabla 6).

Tabla 6. Pruebas de efectos inter-sujetos: Análisis sobre la utilidad de la Realidad Virtual por institución

Variable dependiente: Utilidad de materiales audiovisuales

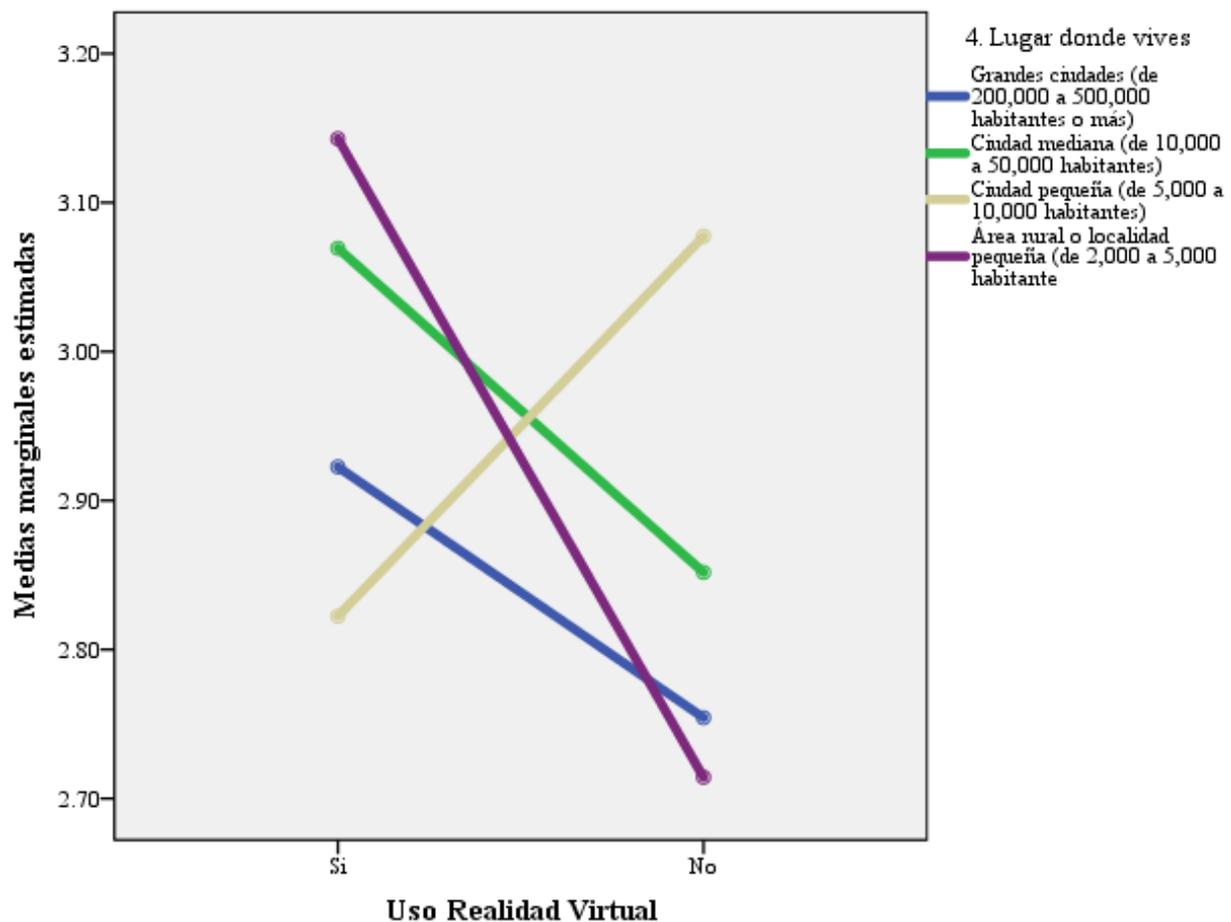
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5.049 <sup>a</sup>	5	1.010	2.731	.020
Intersección	2206.008	1	2206.008	5966.757	.000
Usovr	5.741E-5	1	5.741E-5	.000	.990
p0institucion	.693	2	.346	.937	.393
usovr * por institución	3.806	2	1.903	5.147	.006
Error	106.478	288	.370		
Total	2644.755	294			
Total corregido	111.527	293			

a. R al cuadrado = .045 (R al cuadrado ajustada = .029)

Fuente: Realización propia

La información anterior, está directamente relacionada con la evaluación que se hizo de acuerdo con el tamaño de la población donde viven los sujetos participantes, la cual, en general no arroja diferencias significativas (0.106). Sin embargo, particularmente cuando se trata de usuarios del área rural (de poblaciones entre los 2000 a 5000 habitantes) presenta una mayor utilidad con una significancia 0.031 cuando se utiliza la tecnología de VR (Figura 19).

Figura 19. Utilidad de la Realidad Virtual por tamaño de la población donde vive el sujeto participante



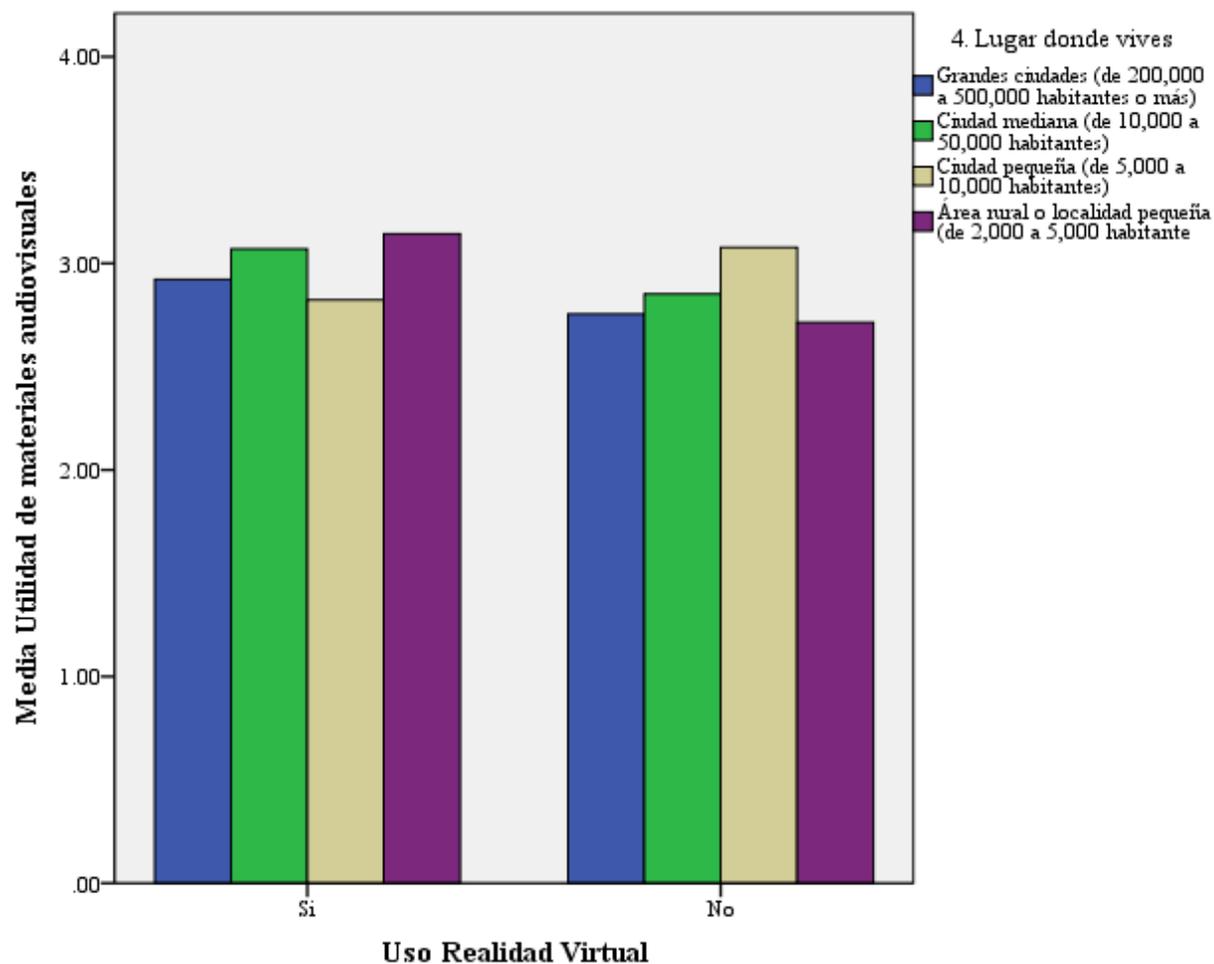
Fuente: Realización propia

Los resultados arrojan que cuanto más pequeña es la población donde vive el sujeto participante, mejor es el aprovechamiento de la VR para adquirir conocimientos, es decir, el contexto del usuario es importante en el nivel de impacto positivo de esta tecnología. Los usuarios de las ciudades medianas (de 10 000 a 50 000 habitantes) también presentan un ligero

incremento en su aprovechamiento y en menor medida los usuarios de las grandes ciudades (poblaciones de 200 000 a 500 000 o más).

Solo en ciudades pequeñas de 5000 a 10 000 habitantes, presentan un aprovechamiento a la inversa, hay un ligero mayor aprovechamiento cuando recibe la información como material didáctico en audiovisual tradicional, según se observa en la Figura 20.

Figura 20. Impacto de la Realidad Virtual por el tamaño de la población donde vive el sujeto participante

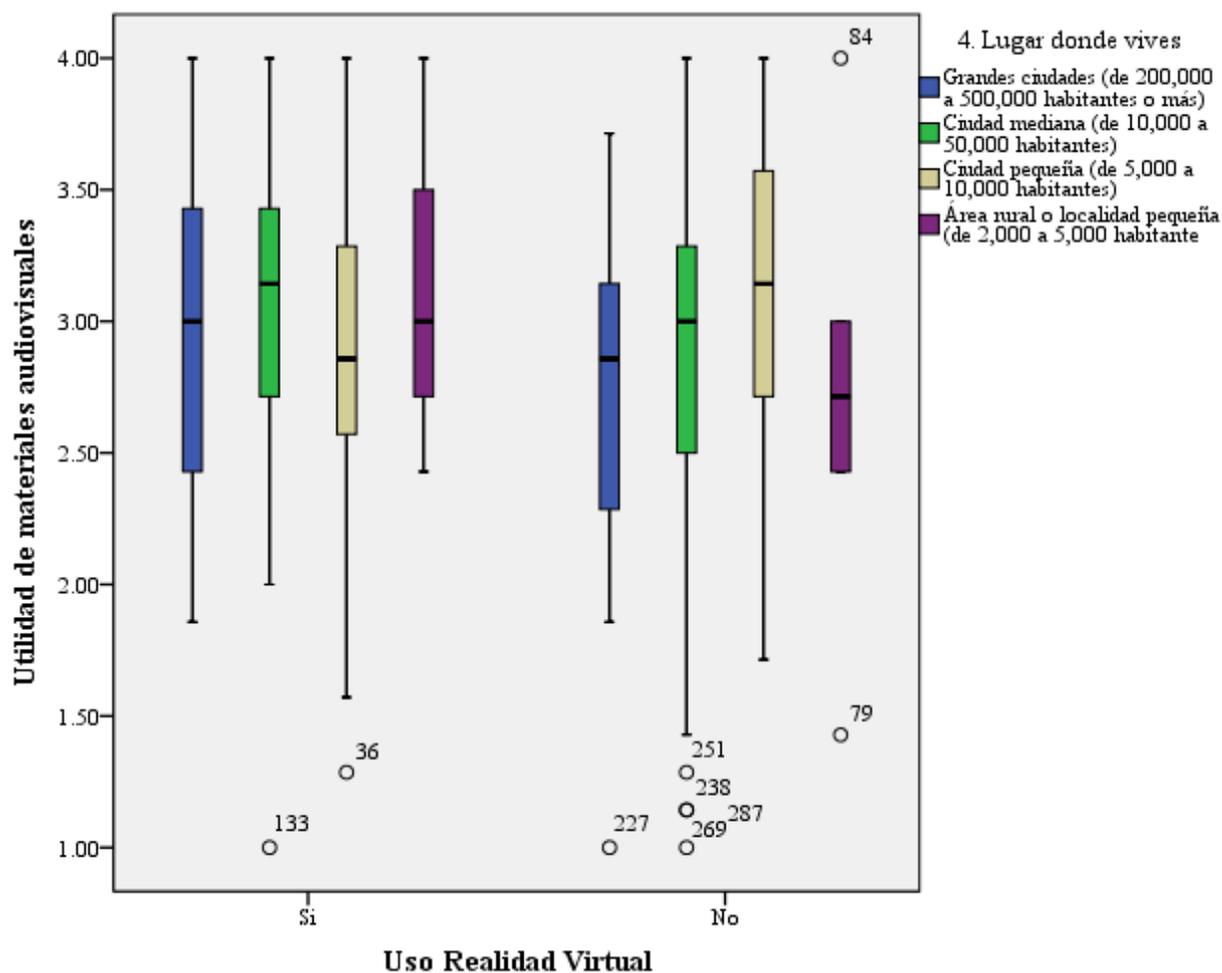


Fuente: Realización propia

En la Figura 21 se aprecia de forma distinta la diferencia del impacto de la VR entre sujetos participantes habitantes de las grandes ciudades, de las medianas y pequeñas, así como de los habitantes de localidades, zona rural, dato que podría estar asociado con la capacidad de

asombro que los habitantes de las grandes urbes van perdiendo ante el acceso a tecnologías e innovaciones que los habitantes del campo podría no tener a su alcance por distintas razones o circunstancias, desde económicas, de distancia, el acceso a internet o por desconocimiento, e incluso por razones culturales donde podrían aún conservar elementos recreativos más tradicionales que los habitantes de las zonas urbanas, donde se recurre más a la tecnología.

Figura 21. Diferencia de la utilidad de la Realidad Virtual por tamaño de la población donde vive el sujeto participante



Fuente: Realización propia

Es importante conocer los resultados presentados de distintas formas, con el fin de proporcionar la información de acuerdo las necesidades de cada área de estudio, pues en las ciencias exactas e investigadores que trabajan más con métodos cuantitativos, tienen algunas

preferencias y ante dichas demandas no se descarta la diversidad de exposición de resultados en cuanto a la forma, aunque se trate de los mismos resultados antes descritos (Tabla 7).

Tabla 7. Diferencias de aprovechamiento de la VR por tamaño de la población donde viven los usuarios con pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: utilidad de materiales audiovisuales					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4.502 <sup>a</sup>	7	.643	1.713	.106
Intersección	831.091	1	831.091	2214.035	.000
Usovr	.477	1	.477	1.271	.261
p4lugar	.573	3	.191	.509	.677
usovr * p4lugar	3.390	3	1.130	3.010	<b>.031</b>
Error	106.982	285	.375		
Total	2634.878	293			
Total corregido	111.484	292			

a. R al cuadrado = .040 (R al cuadrado ajustada = .017)

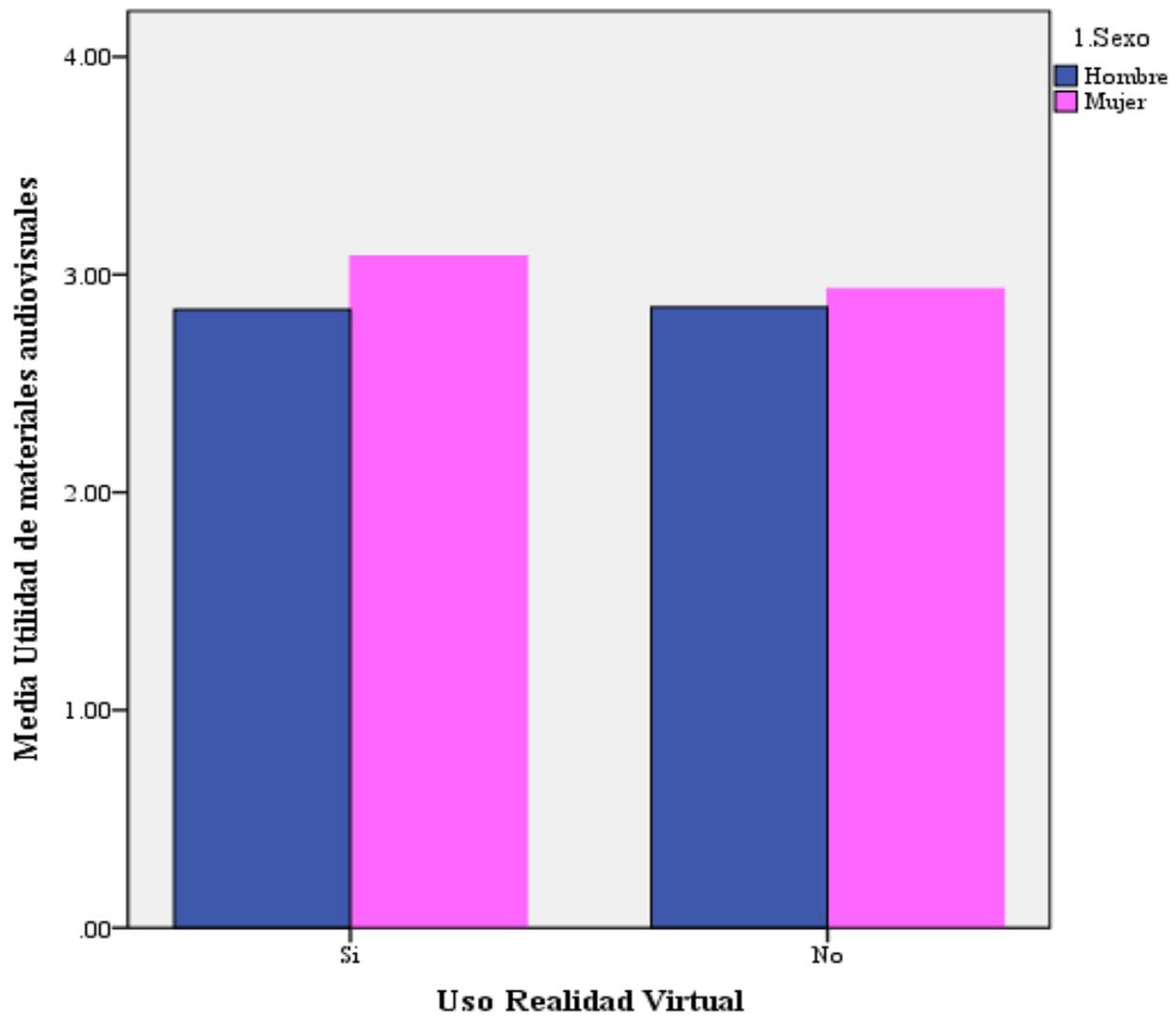
Fuente: Realización propia

El aprovechamiento de la herramienta de VR según el sexo del participante no resulta significativamente distinto (0.072). Sin embargo, en la mujer hay una ligera diferencia (0.025) cuando interviene la VR, lo cual infiere un mayor aprovechamiento que para los varones, según se representa en las figuras correspondientes.

Lo anterior determina que las preferencias, las motivaciones y los estímulos para el aprendizaje, podrían ser diferentes dependiendo del género. Sin embargo, para dicha afirmación sería necesario hacer otro tipo de estudios más profundos exclusivamente para diferenciar en la enseñanza aprendizaje con enfoque de género.

En este caso sería necesario evaluar tanto por parte de quien enseña como por parte de quien aprende, es decir, tanto en quién estaría utilizando la herramienta de VR para transmitir conocimientos, como para quién los recibe y evaluar, en qué medida el género influye en su aprovechamiento, ya que en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, no es un estudio específico para evaluar este punto (Figura 22).

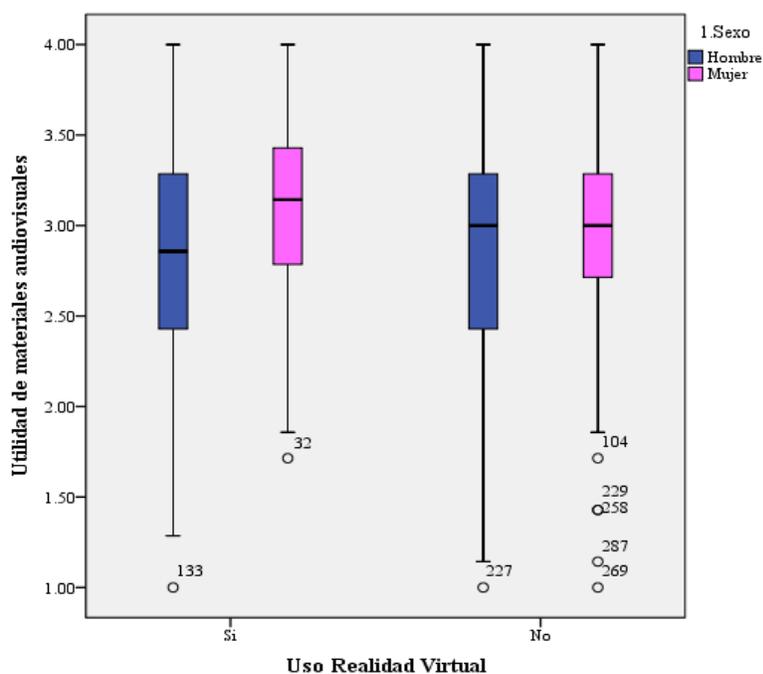
Figura 22. Utilidad de la Realidad Virtual según el género del usuario



Fuente: Realización propia

En el diagrama de cajas expresado en la Figura 23, la diferencia se puede apreciar de forma más precisa con sus respectivos casos atípicos, aunque los resultados son los mismos.

Figura 23. Diagrama de cajas sobre utilidad de la Realidad Virtual por género del participante



Fuente: Realización propia

Los mismos resultados anteriores arroja la prueba de efectos inter-sujetos, los cuales se presentan, aunque en distinta forma, pero arrojan la misma información que los análisis con gráficos de barras y de cajas anteriormente expuestos (Tabla 8).

Tabla 8. Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: utilidad de materiales audiovisuales

Tipo III de suma de					
Origen	cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.649 <sup>a</sup>	3	.883	2.352	.072
Intersección	2434.126	1	2434.126	6483.338	.000
Usovr	.343	1	.343	.914	.340
p1 sexo	1.907	1	1.907	5.078	<b>.025</b>
usovr * p1 sexo	.452	1	.452	1.204	.274
Error	108.879	290	.375		
Total	2644.755	294			
Total corregido	111.527	293			

a. R al cuadrado = .024 (R al cuadrado ajustada = .014)

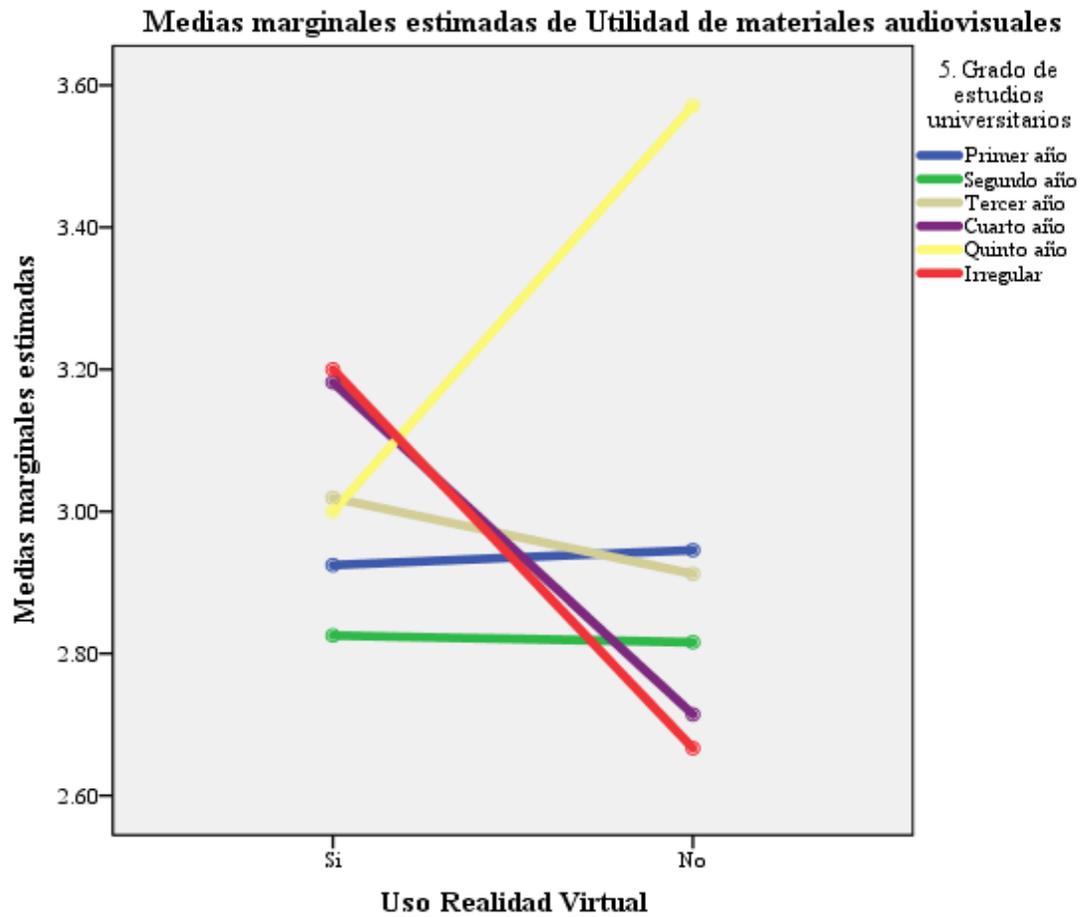
Fuente: Realización propia

Los resultados que evalúan el nivel de utilidad de la tecnología VR contra la imagen y video tradicional, dependiendo del nivel de estudios del sujeto participante, en general no arroja una diferencia estadísticamente significativa (0.641). Sin embargo, los estudiantes irregulares, que llevan materias de varios semestres (reprobados o atrasados) sí presentan datos que infieren que particularmente en ellos la VR puede ser una herramienta útil, así como en los que cursan el cuarto año de la universidad.

Para los estudiantes de quinto año les resulta más útil el video e imagen tradicional para el aprovechamiento de la información, que cuando ésta se les presenta en un formato de VR, y al resto de los sujetos participantes, les resulta igual, los resultados se mantienen igual, indistintamente de la tecnología que éstos usen durante su proceso de aprendizaje (Figura 24).

Cabe recordar, que este material se usó únicamente como un material didáctico complementario a la explicación ordinaria del profesor frente a un aula de clase, y que, la VR y los audiovisuales tradicionales, fungen únicamente como material didáctico complementario al método tradicional de enseñanza-aprendizaje.

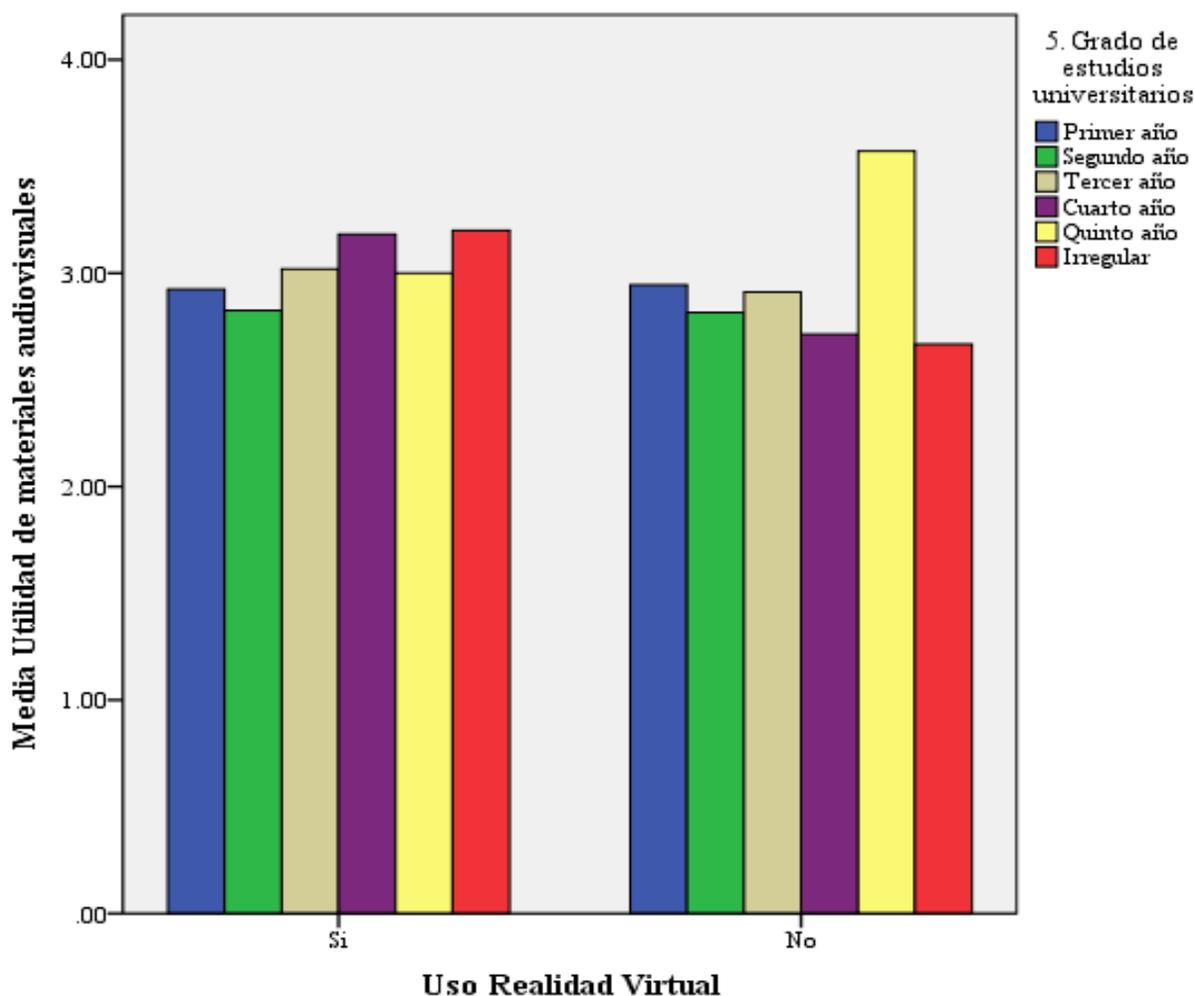
Figura 24. Utilidad de la Realidad Virtual según grado de estudios



Fuente: Realización propia

La diferencia de la utilidad de la VR por nivel de estudios no es significativamente diferente, información que en el gráfico de barras se puede ver de forma más objetiva (Figura 25).

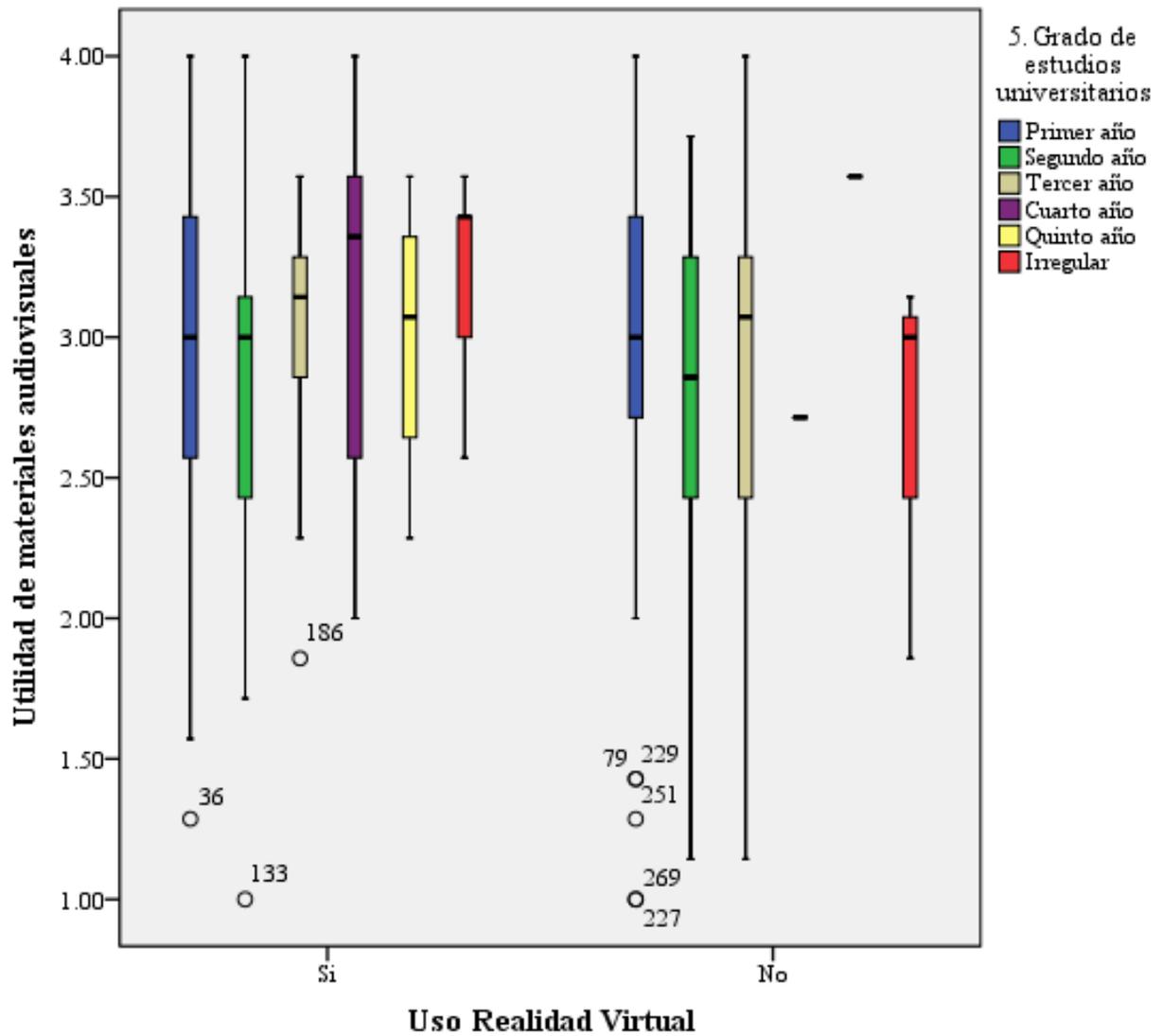
Figura 25. Diferencia de la utilidad de la Realidad Virtual por grado de estudios.



Fuente: Realización propia

En las gráficas de cajas, representado en la Figura 26, se aprecia la información de los casos atípicos de los resultados de la utilidad de la VR según el grado de estudios, confirmando la información anterior donde los estudiantes en situación irregular, son las más beneficiados con la VR, según los resultados del presente cuasi-experimento.

Figura 26. Utilidad de la Realidad Virtual según el grado de estudios



Fuente: Realización propia

Para realizar este mismo análisis de la influencia de la VR en los sujetos participantes según el grado de estudios, también realizó la prueba de inter-sujetos, con la cual se obtuvieron los mismos resultados antes descritos (Tabla 9).

Tabla 9. Utilidad de la Realidad Virtual por grado de estudios de los participantes

Variable dependiente: Utilidad de materiales audiovisuales					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	3.370 <sup>a</sup>	11	.306	.799	.641
Intersección	421.336	1	421.336	1098.552	.000
Usovr	.091	1	.091	.236	.627
Por grado	1.053	5	.211	.549	.739
usovr * por grado	1.103	5	.221	.575	.719
Error	108.158	282	.384		
Total	2644.755	294			
Total corregido	111.527	293			

a. R al cuadrado = .030 (R al cuadrado ajustada = -.008)

Fuente: Realización propia

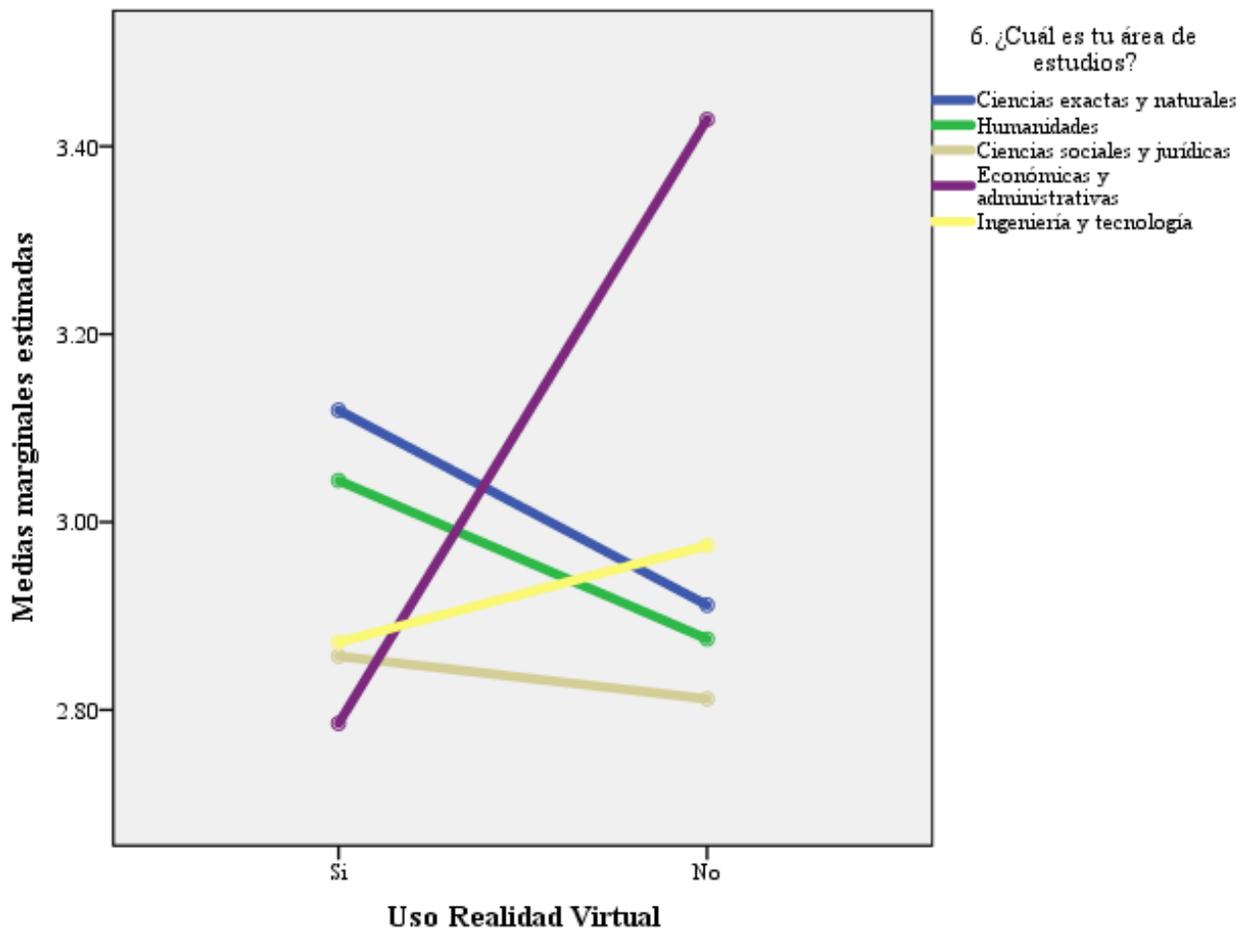
El análisis para determinar las diferencias en la utilidad de la VR para el aprovechamiento de la información proporcionada entre los participantes según su área de estudios, no arroja diferencias significativamente diferentes (0.572), aunque los sujetos participantes del área de humanidades, ciencias exactas y naturales, presentan un ligero incremento en su aprovechamiento cuando está presente el uso de la VR, el cual podría justificar hacer intervenciones específicamente entre usuarios de esta área, a fin de encontrar respuestas más precisas.

Los presentes datos dan elementos para suponer que se podría hacer un estudio específicamente buscando las diferencias en su aprovechamiento, por área de estudios del participante, podría arrojar información que determine el cómo y en qué condiciones es útil usar la tecnología inmersiva y en cuáles no, ya que en usuarios de ciencias sociales y jurídicas no hay diferencia en la utilidad entre un contenido en VR y un audiovisual tradicional.

En las áreas de estudio económico administrativas, es a la inversa, el video e imagen tradicional es el que presenta una mayor utilidad para el aprovechamiento de la información, así como entre usuarios de ingeniería y tecnología. Con los resultados de la presente tesis, se puede afirmar que esta falta de diferencia en el aprovechamiento al presentar la información en un formato u otro, también supondría que cuando existe un beneficio específico por otras razones

o circunstancias con la presencia de la VR, es valiosa la referencia para esperar similares resultados en las áreas de estudio (Figura 27).

Figura 27. Utilidad de la Realidad Virtual según el área de estudios de los usuarios



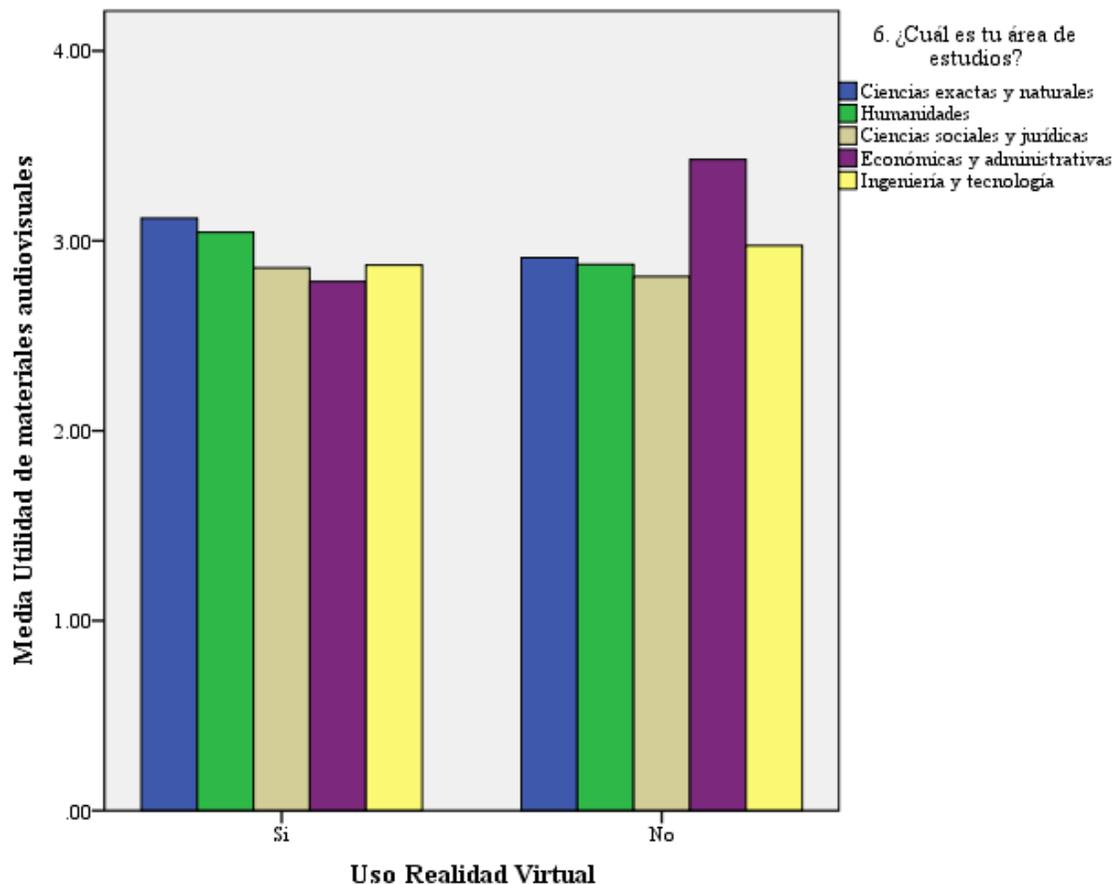
Fuente: Realización propia

En la Figura 28 se aprecia la notoria diferencia de aprovechamiento de los usuarios de audiovisuales en las áreas económico-administrativas, sin embargo, está en favor de la utilidad de los contenidos tradicionales y no de los VR, en tanto que los sujetos participantes de ciencias exactas y naturales, así como los de humanidades, y en menor medida los de ciencias sociales y jurídicas, presentan un mayor aprovechamiento cuando está presente la tecnología inmersiva.

El resultado del aprovechamiento entre los sujetos participantes del área de ingeniería y tecnología, aunque en menor medida, también está en favor de los contenidos audiovisuales tradicionales, es decir, aunque no es significativamente distinto, aprovechan ligeramente más la

información que se les proporciona cuando se les presenta en un formato de audiovisual tradicional.

Figura 28. Utilidad de la Realidad Virtual por área de estudios de los usuarios



Fuente: Realización propia

También coincide con el análisis anterior que arroja los gráficos de barras y de cajas, con la prueba de efectos inter-sujetos y que proporciona el análisis de resultados en una tabla, explicando las diferencias de la utilidad de la VR para el aprovechamiento de la información proporcionada entre los sujetos participantes según su área de estudios, con sus respectivas diferencias y que, no difiere con los resultados de los análisis anteriores, sino que, los confirma.

Los sujetos participantes de las áreas económico-administrativas, les encuentran ligera mayor utilidad a los contenidos audiovisuales tradicionales que a los de VR y similar ocurre con los del área de ingeniería y tecnología. Caso contrario ocurre con los del área de ciencias exactas y naturales, humanidades, ciencias sociales y jurídicas, quienes sí presentan un mayor

aprovechamiento cuando está presente la tecnología de VR, aunque en ninguno de los casos es significativamente mejor una que otra (Tabla 10).

Tabla 10. Utilidad de la Realidad Virtual entre usuarios según su área de estudios

Variable dependiente: utilidad de materiales audiovisuales					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.912 <sup>a</sup>	9	.324	.848	.572
Intersección	918.525	1	918.525	2407.214	.000
Usovr	.110	1	.110	.287	.593
p6area	.694	4	.173	.455	.769
usovr * p6area	1.811	4	.453	1.186	.317
Error	107.985	283	.382		
Total	2640.163	293			
Total corregido	110.897	292			

a. R al cuadrado = .026 (R al cuadrado ajustada = -.005)

Fuente: Realización propia

Finalmente, en este estudio se realizó un comparativo para determinar las diferencias de la utilidad de la herramienta de VR con el audiovisual tradicional en cuanto a la variación de su utilidad de acuerdo con la edad del sujeto participante, en cuya variante no se encontraron diferencias significativas.

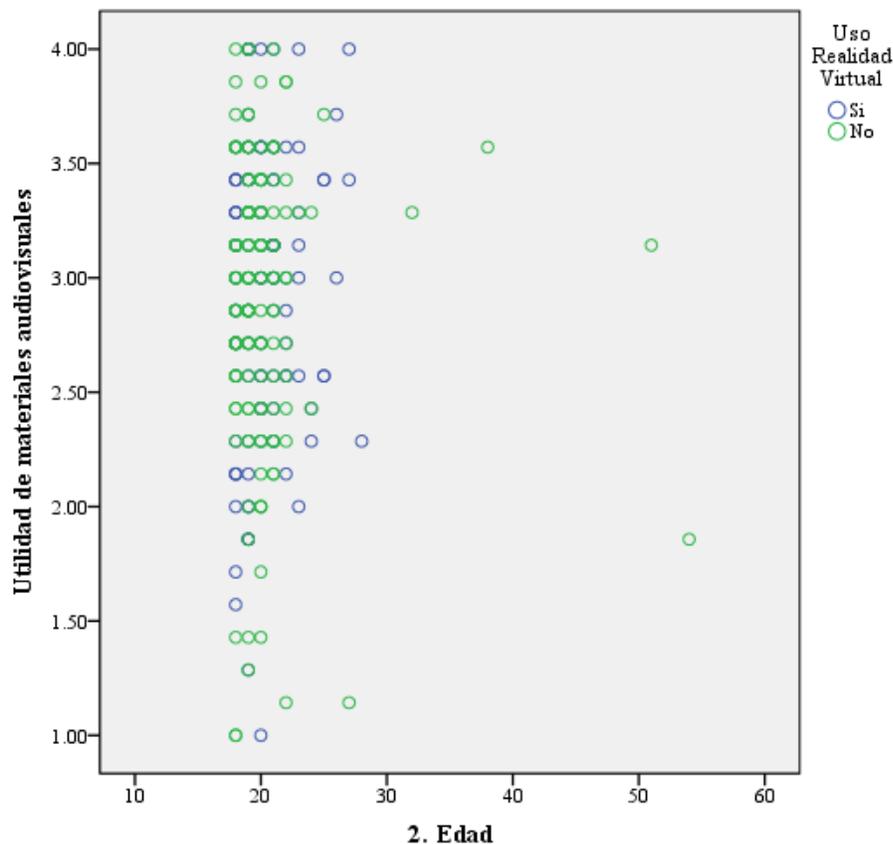
Sin embargo, de los 302 sujetos participantes, la mayoría se concentran en una edad de entre los 18 y los 28 años, con sólo cinco excepciones de personas con una edad mayor los 30 años, por lo que, habría que hacer un estudio más amplio que incluya una mayor población de personas de otros grupos de edad, incluso, realizar un análisis específico de sus efectos por grupos de edad, pues podrían presentarse diferencias asociadas con el contexto generacional de los sujetos (Figura 29).

Tal situación se atribuye a que, en el siglo XXI coincide la generación que nació con la tecnología analógica con la población que nació cuando ya se había instalado la tecnología digital y seguramente estarán más familiarizados más unos que otros con dichas tecnologías, aunado a

que, en México, las diferencias en cuanto a la accesibilidad a lo moderno, lo tecnológico está muy presente.

Dependiendo del área donde la población vive, como se demostró ya en el análisis anterior que aborda específicamente las diferencias en el aprovechamiento de la VR por el tamaño de la población donde vive el sujeto participante y en cuyo rubro sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

Figura 29. Utilidad de la Realidad Virtual por edad del participante



Fuente: Realización propia

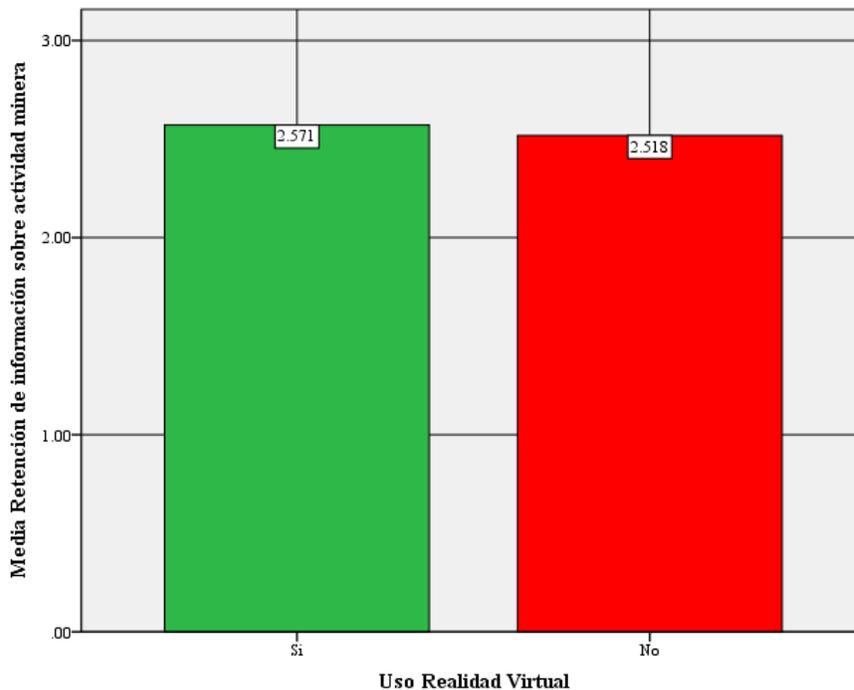
### Utilidad de la Tecnología de Realidad Virtual para Incrementar el Nivel de Comprensión y Retención de la Información

Para realizar este estudio se impartió la conferencia de “Ciencia y minería, un caso de industrialización del conocimiento científico”, al finalizar la conferencia se les brindó información visual sobre el mismo tema, como un contenido complementario explicando la información

anterior, a un grupo se le proporcionó en la información en formato VR y al segundo grupo en visual y audiovisual tradicional, con el objetivo de compararlos y encontrar las diferencias en su nivel de retención y comprensión de información.

En un estudio global, contemplando al total de los 302 sujetos participantes de distintos entornos, el nivel de retención de información se mantiene similar, utilizando cualquiera de las dos herramientas (VR o audiovisual tradicional). No se encontraron diferencias significativas en su nivel de retención de información. Sin embargo, en un análisis más específico, dependiendo del entorno, área de estudio y nivel socioeconómico de los sujetos participantes, sí se encuentran diferencias (Figura 30).

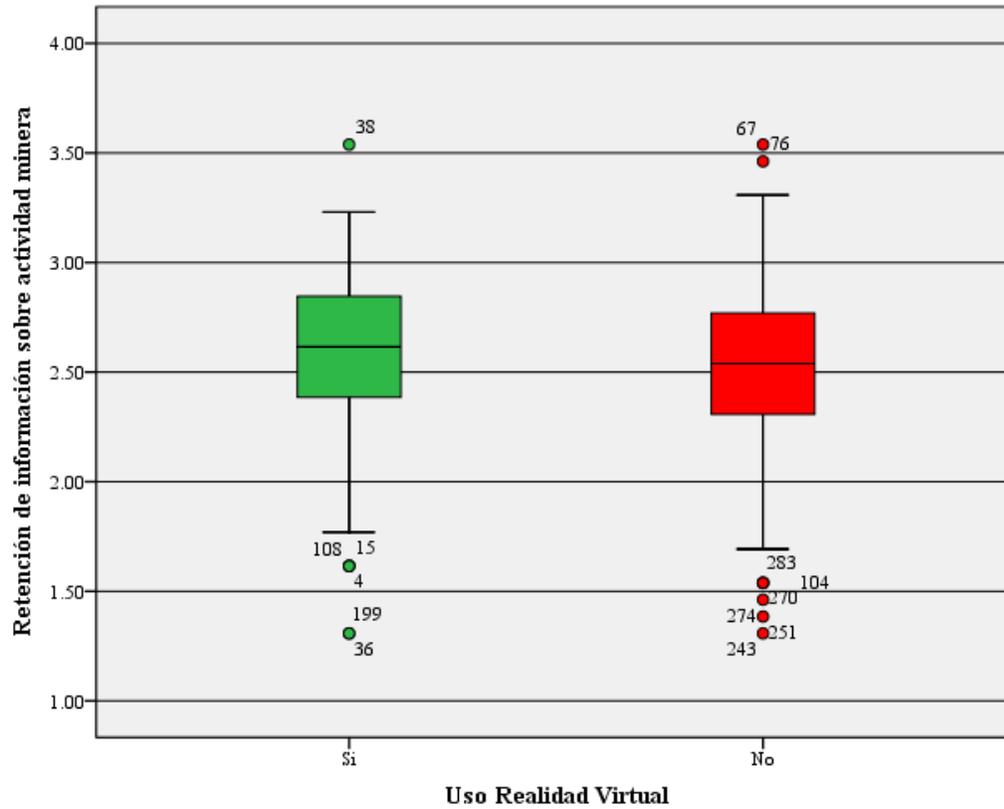
Figura 30. La Realidad Virtual en retención y comprensión de la información



Fuente: Realización propia

En los gráficos de cajas representado en la Figura 31, también se repiten los resultados, en los cuales se pueden apreciar que los datos globales generales no hay diferencias estadísticamente significativas, así como sus respectivos casos atípicos, de forma clara y objetiva.

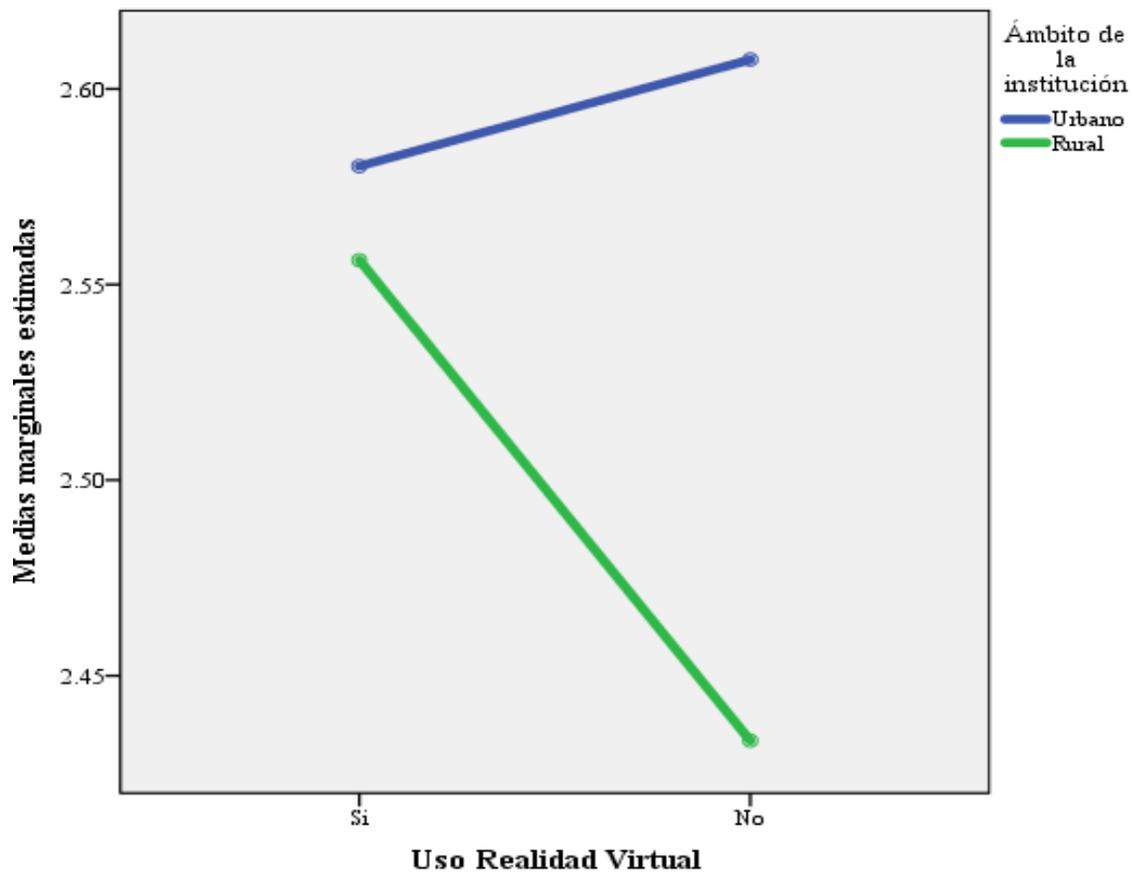
Figura 31. Utilidad de la Realidad Virtual para retención y comprensión de la información



Fuente: Realización propia

En estudios específicos por ámbito donde se ubica la universidad del sujeto participante, la utilidad de la VR presenta una diferencia significativa (0.040) con un mayor nivel de retención y comprensión de la información proporcionada en los estudiantes de universidades ubicadas en la zona rural, en tanto que los de los sujetos participantes estudiantes de las universidades ubicadas en la zona urbana, se mantiene muy similar cuando reciben la información en un formato tradicional que cuando lo reciben en VR (Figura 32).

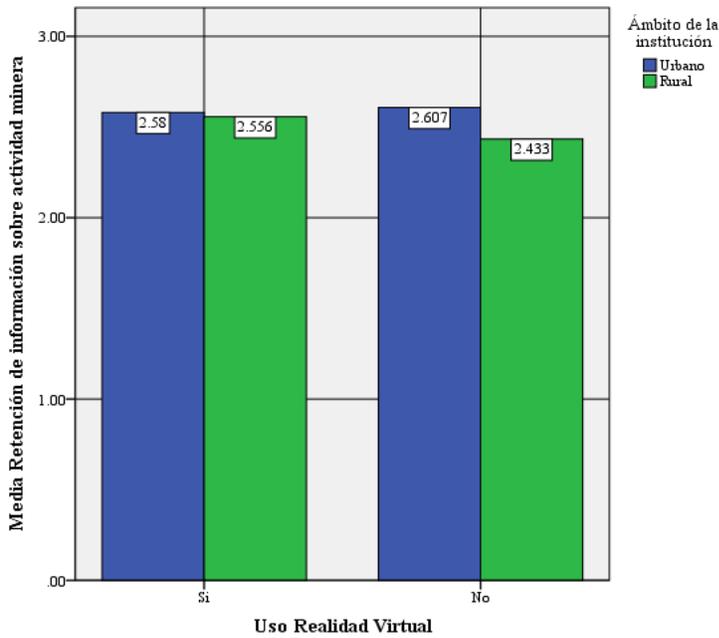
Figura 32. Retención y comprensión de la información según el lugar donde vive el sujeto participante



Fuente: Realización propia

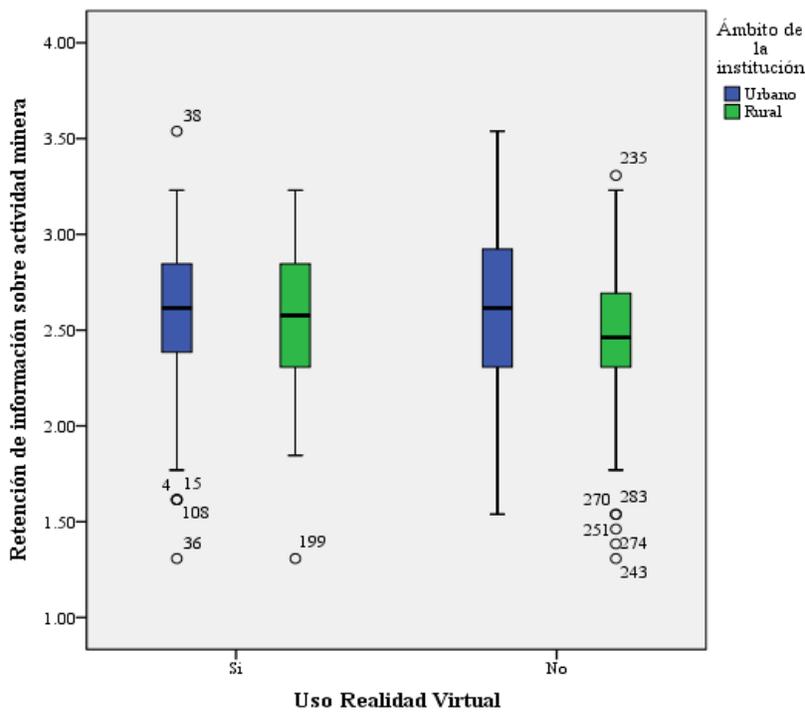
El gráfico de barras (Figura 33) y de cajas (Figura 34) nos muestra de forma objetiva las diferencias en la retención y comprensión de la información por área donde se ubica la universidad de los sujetos participantes.

Figura 33. Retención y comprensión de la información, según el ámbito de la universidad donde estudia el sujeto participante



Fuente: Realización propia

Figura 34. Retención y comprensión de la información según el ámbito de la institución



Fuente: Realización propia

En relación con el análisis anterior, las pruebas de efectos inter-sujetos, expuesta en tabla de los datos, los resultados concuerdan con los anteriormente expuestos en la cual se aprecian las diferencias en cuanto a la ubicación de las instituciones donde se obtuvo el mayor aprovechamiento con la presencia de la VR (Tabla 11).

Tabla 11. Retención y comprensión de la información por lugar donde se encuentra la universidad del sujeto participante

Variable dependiente: Retención de información sobre actividad minera					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1.431 <sup>a</sup>	3	.477	2.809	<b>.040</b>
Intersección	1830.264	1	1830.264	10781.111	.000
Usovr	.161	1	.161	.951	.330
Ámbito	.694	1	.694	4.086	.044
usovr * Ámbito	.398	1	.398	2.344	.127
Error	49.062	289	.170		
Total	1943.994	293			
Total corregido	50.493	292			

R al cuadrado = .028 (R al cuadrado ajustada = .018)

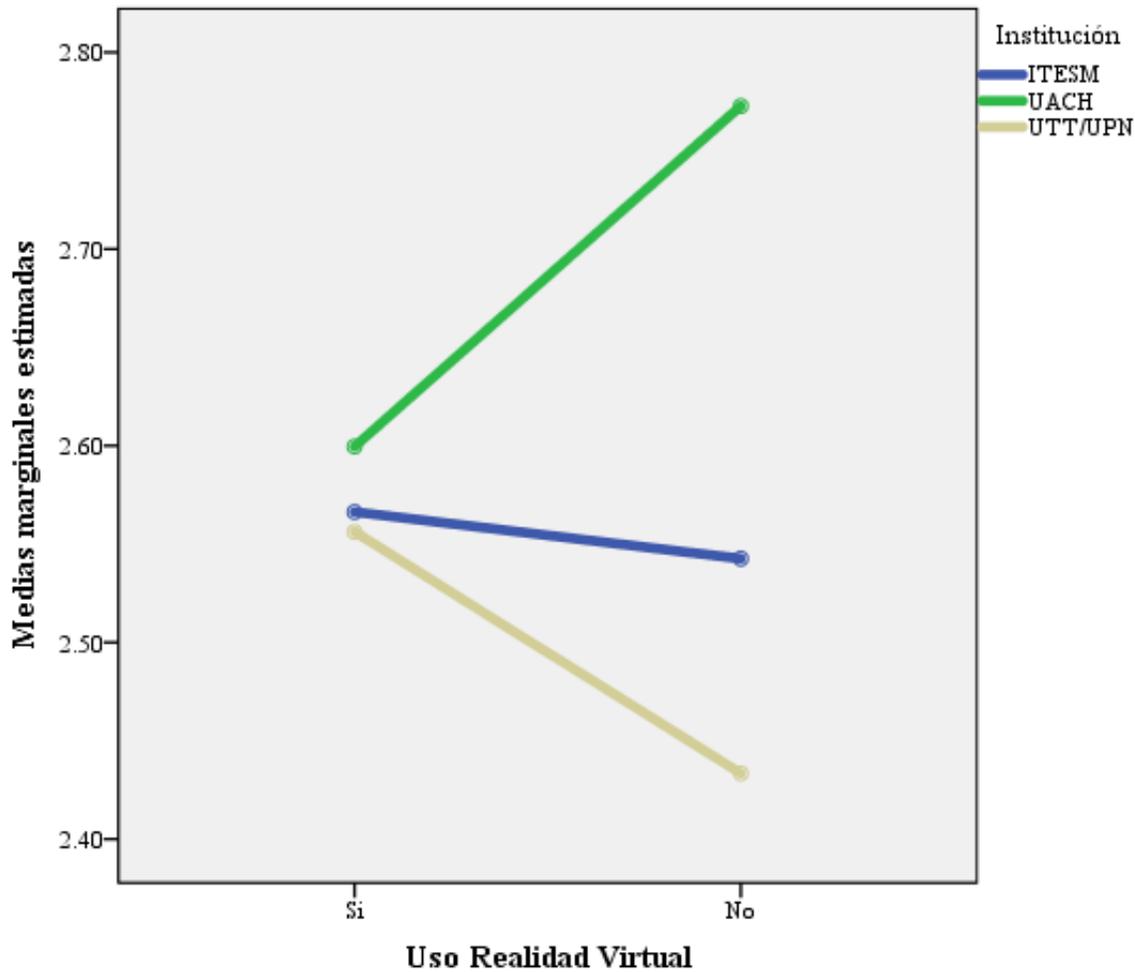
Fuente: Realización propia

Los resultados del estudio según la institución muestran diferencias estadísticamente significativas (0.020) en este rubro. Los sujetos participantes de la UTT y de la UPN, ambas ubicadas en el municipio de Guachochi, Chihuahua, en la zona serrana, rural del estado de Chihuahua, los sujetos participantes presentan un mayor nivel de retención y comprensión de la información cuando utilizan VR que cuando no lo hacen.

Contrario a lo anterior, los sujetos participantes del ITESM campus Chihuahua, ubicado en la zona urbana, en la ciudad capital del estado, su nivel de retención y comprensión de la información se mantiene igual cuando reciben los contenidos audiovisuales tradicionales o en formato de VR, es decir tienen muy similar retención y comprensión de la información con ambos contenidos.

Caso contrario ocurre con los estudiantes de la UACH que presentan un ligero mayor nivel de retención y comprensión de la información cuando acceden a ella en un formato de audiovisual tradicional que cuando se les presenta en formato inmersivo (Figura 35).

Figura 35. Retención y comprensión de la información por institución

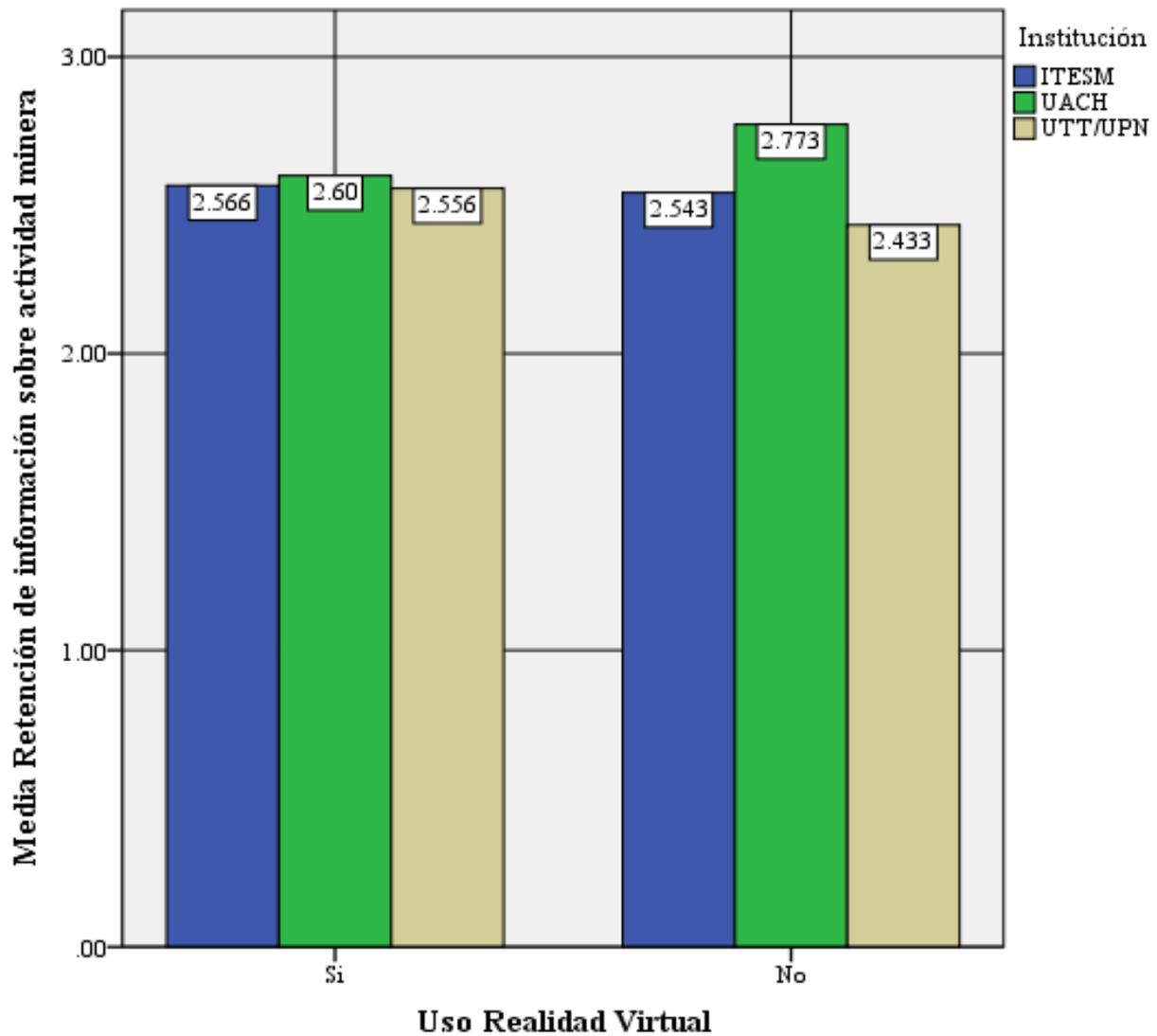


Fuente: Realización propia

En la Figura 36, se presenta el análisis sobre las diferencias de la utilidad de la tecnología de VR para retención y comprensión de la información según la institución donde estudian los participantes donde destaca el caso de los participantes estudiantes de la UACH, ubicada en la zona urbana, los cuales presentan mayor retención y comprensión de la información cuando reciben como material complementario al proporcionado por el profesor dentro del aula, los contenidos audiovisuales tradicionales.

La retención y comprensión de la información de los sujetos participantes estudiantes del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, también ubicado en la zona urbana, se mantienen igual, en tanto que, los sujetos participantes de la UTT y la UPN, ubicadas en entorno rural, presentan diferencias significativas cuando reciben la información en el formato de VR.

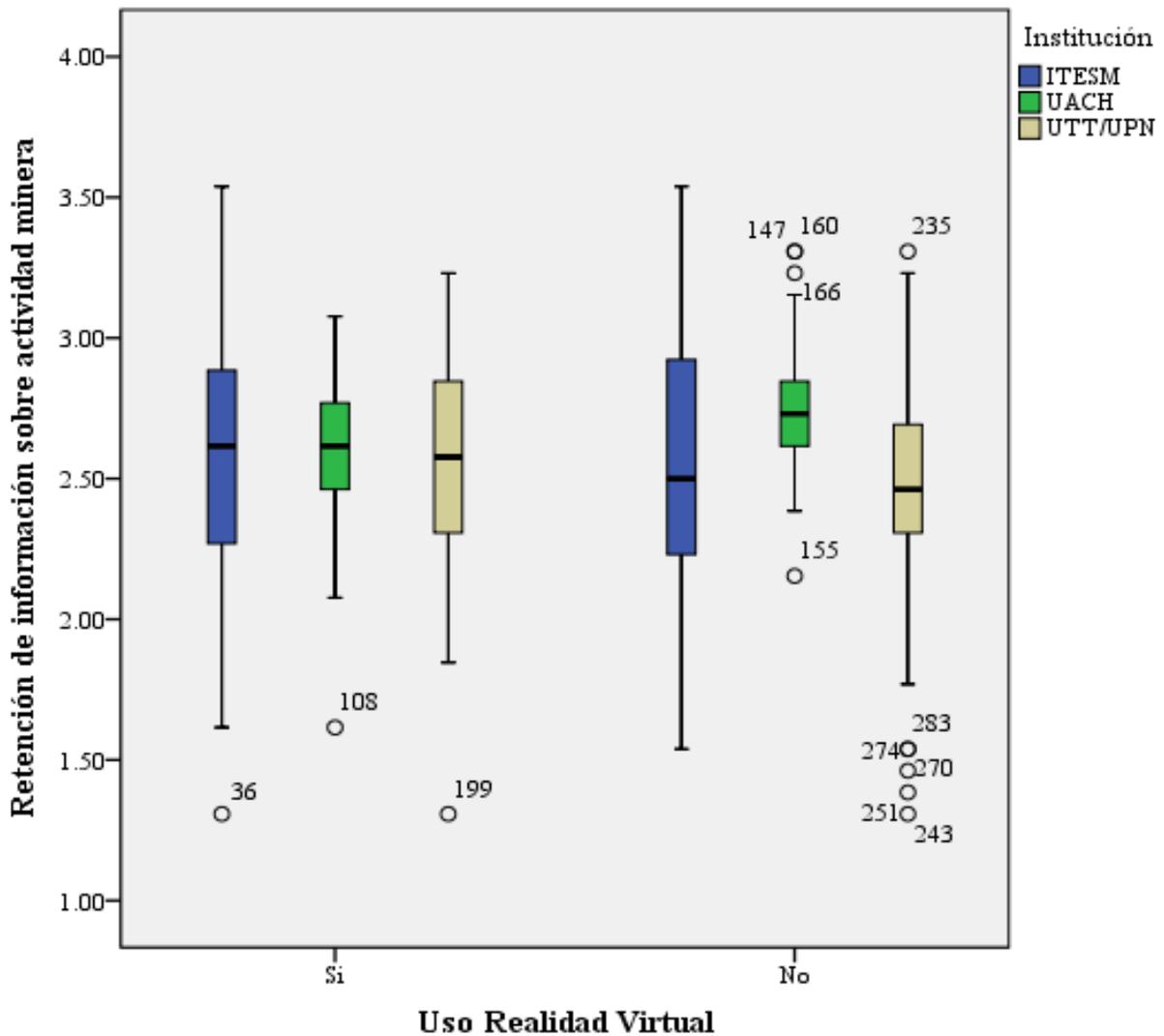
Figura 36. Retención y comprensión de la información según la universidad donde estudia el sujeto participante



Fuente: Realización propia

El análisis sobre este rubro, que arroja gráfico de cajas presenta de forma más gráfica no sólo las diferencias según la institución donde estudia el sujeto participante sino los casos atípicos (Figura 37).

Figura 37. Retención y comprensión de la información según la universidad donde estudia el sujeto participante.



Fuente: Realización propia

Aunado al análisis anterior, las pruebas de efectos inter-sujetos confirman la misma información que se presenta en formato de la Tabla 12.

Tabla 12. Retención y comprensión de la información por universidad donde estudia el sujeto participante

Variable dependiente: Retención de información sobre actividad minera

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.289 <sup>a</sup>	5	.458	2.726	<b>.020</b>
Intersección	1645.815	1	1645.815	9798.975	.000
Uso VR	.005	1	.005	.029	.865
Por institución	1.378	2	.689	4.103	.018
Uso VR * por institución	.826	2	.413	2.460	.087
Error	48.204	287	.168		
Total	1943.994	293			
Total corregido	50.493	292			

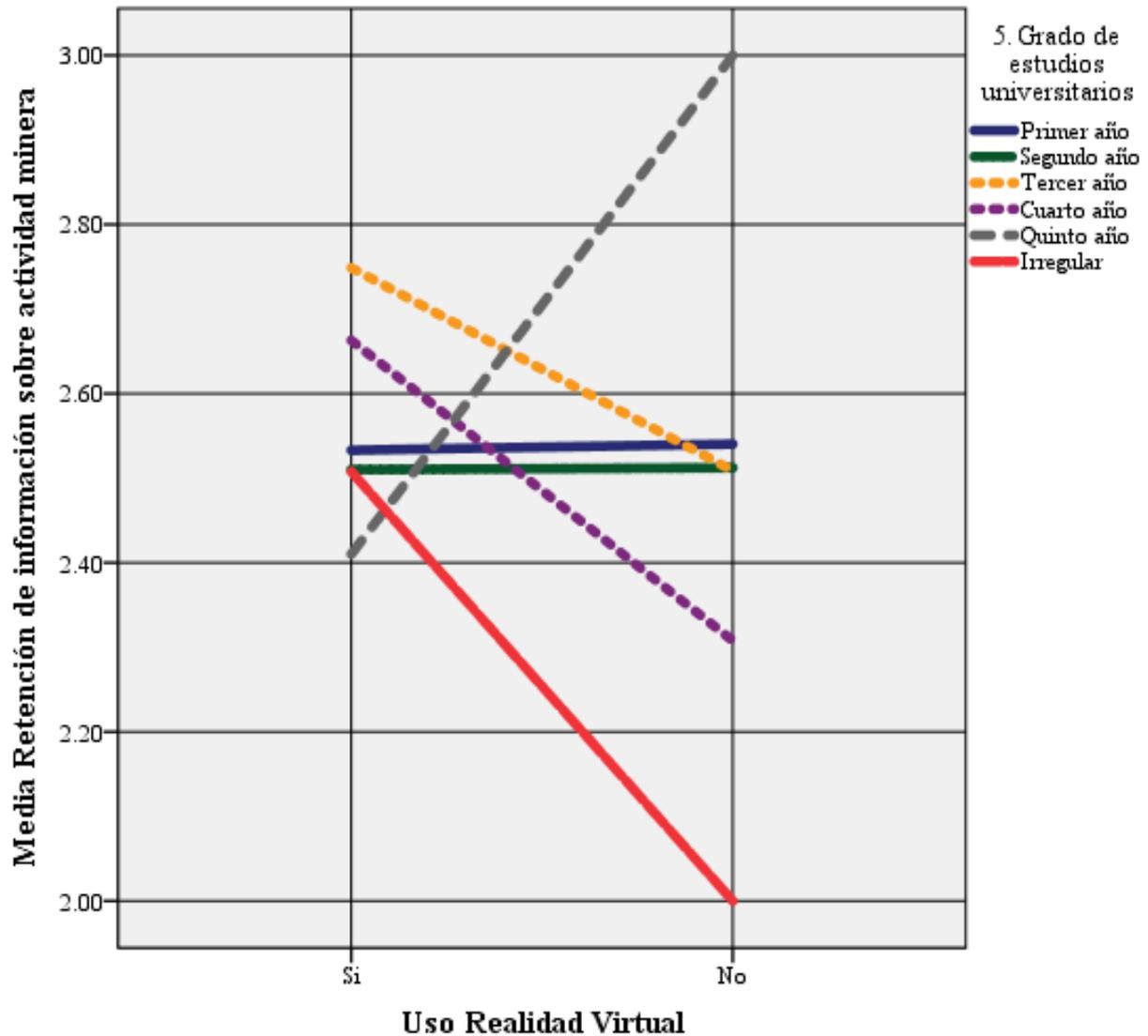
a. R al cuadrado = .045 (R al cuadrado ajustada = .029)

Fuente: Realización propia

El análisis de resultados que determina las diferencias en la retención y comprensión de la información entre los sujetos participantes según su grado de estudios, señala que no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (0.293). Sin embargo, los resultados específicamente entre los sujetos participantes que son estudiantes en alguna situación irregular, entre aquellos que reportaron cursar materias de distintos grados, presentan una retención y comprensión de la información ligeramente mayor cuando utilizan la VR que cuando no lo hacen.

Por lo anterior, de acuerdo con esta información, se infiere que dentro de este grupo específico, justificaría hacerse un estudio amplio y dirigido que podrían revelar si la VR podría ser una herramienta que beneficie la retención y comprensión de la información especialmente útil para la regularización de los alumnos con dificultades académicas por causas de distinta índole, o simplemente, usarse como un material didáctico útil para aumentar la comprensión y retención de la información entre estudiantes sin ninguna dificultad de este tipo, simplemente como una herramienta de apoyo (Figura 38).

Figura 38. Retención y comprensión de la información según grado de estudios



Fuente: Realización propia

Agregado al análisis anterior, en la prueba de efectos inter-sujetos, también confirma los resultados, como se puede apreciar en la Tabla 13 que proporciona este análisis.

Tabla 13. Retención y comprensión de la información según grado de estudios de los participantes

Variable dependiente: Retención de información sobre actividad minera

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2.248 <sup>a</sup>	11	.204	1.190	.293
Intersección	293.151	1	293.151	1707.428	.000
Usovr	.081	1	.081	.473	.492
Por grado	1.053	5	.211	1.226	.297
usovr * por grado	1.290	5	.258	1.503	.189
Error	48.245	281	.172		
Total	1943.994	293			
Total corregido	50.493	292			

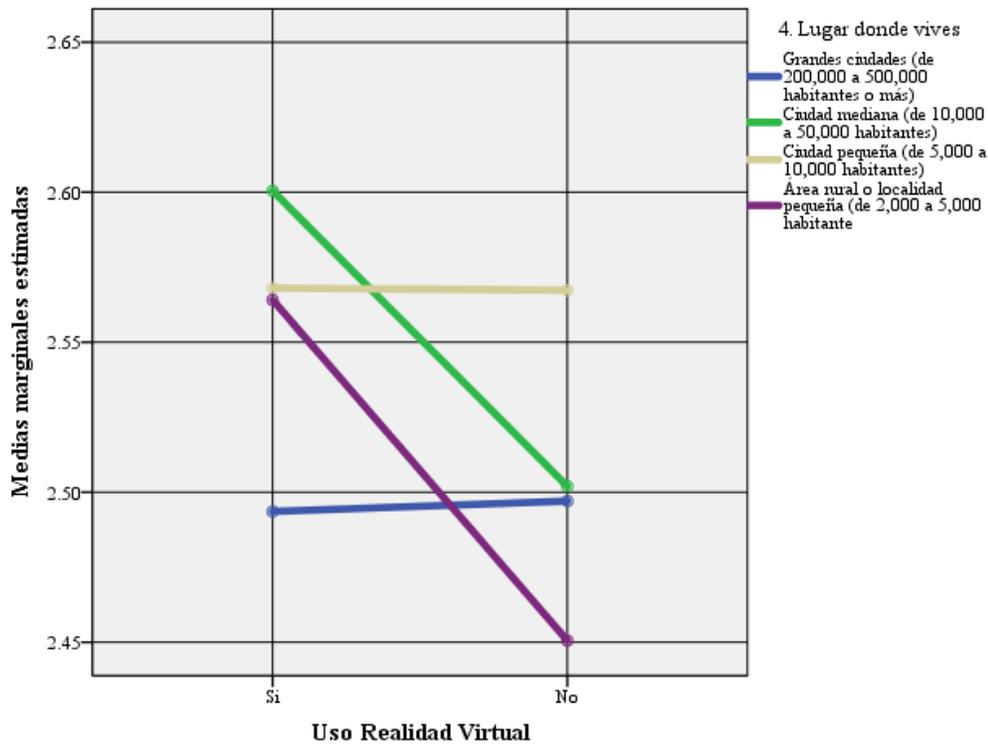
R al cuadrado = .045 (R al cuadrado ajustada = .007)

Fuente: Realización propia

El tamaño de la población donde viven las personas no influye de manera general en el aprovechamiento de la herramienta de VR para incrementar o no su nivel de comprensión y retención de la información, según arroja la muestra, no hay diferencias significativas (0.855), aunque el análisis infiere que se presenta un ligero beneficio mayor en quienes viven en ciudades medianas (10 000 a 50 000 habitantes) así como en quienes viven en zona rural o localidades pequeñas de entre 2000 y 5000 habitantes.

En la Figura 39 se aprecian las diferencias en la retención y comprensión de la información según el tamaño de la localidad donde vive el sujeto participante con mayor objetividad, las cuales como se puede observar no son significativamente distintas.

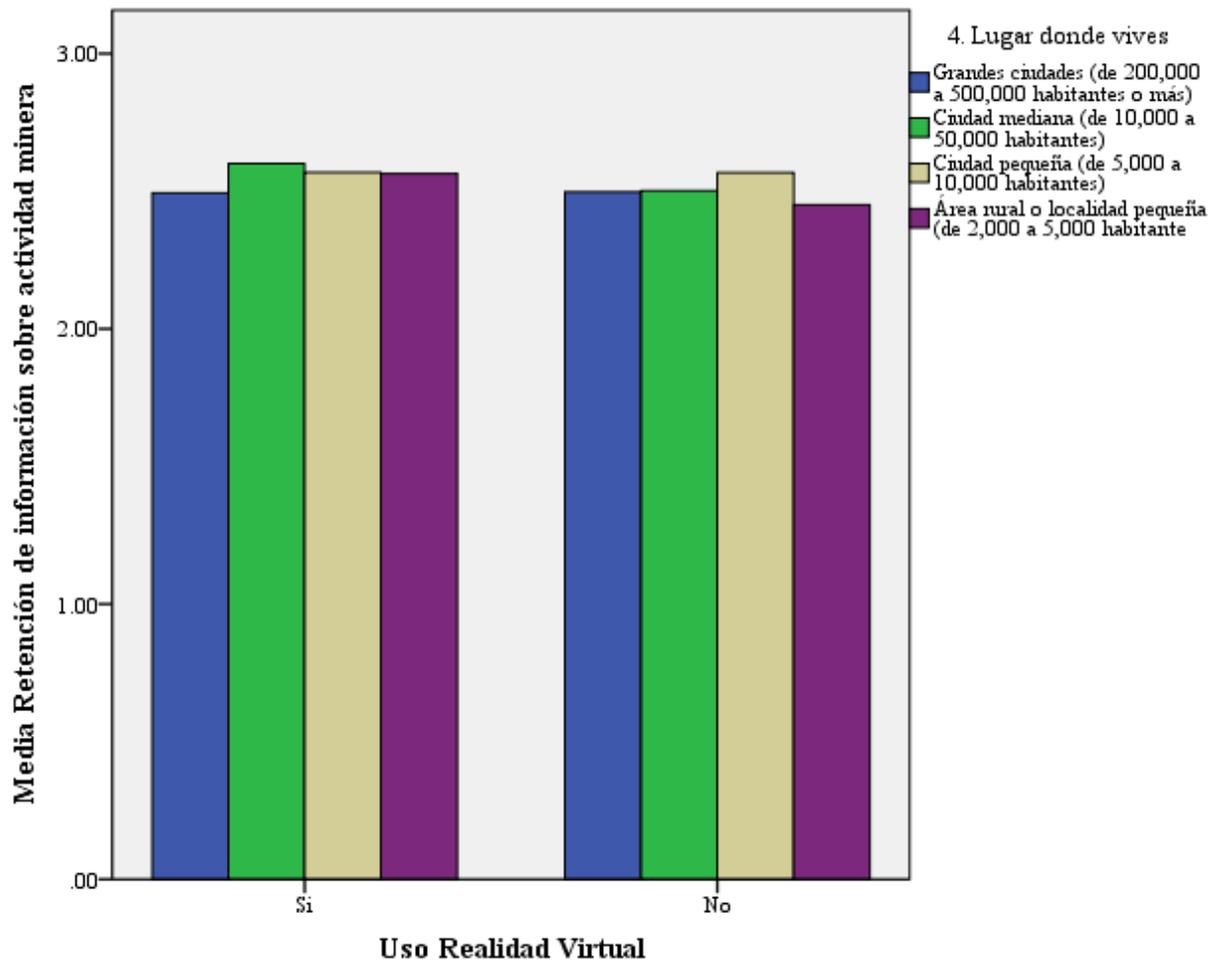
Figura 39. Retención y comprensión de la información según lugar donde vive el sujeto participante



Fuente: Realización propia

Los habitantes de ciudades medianas, con 10 mil a 50 mil habitantes son las que presentan una pequeña diferencia, los sujetos participantes del área rural o localidad pequeña con entre 5 000 y 10 000 habitantes también presentan un ligero mayor aprovechamiento de la herramienta de VR, en tanto que el resto, se mantienen muy similares (Figura 40).

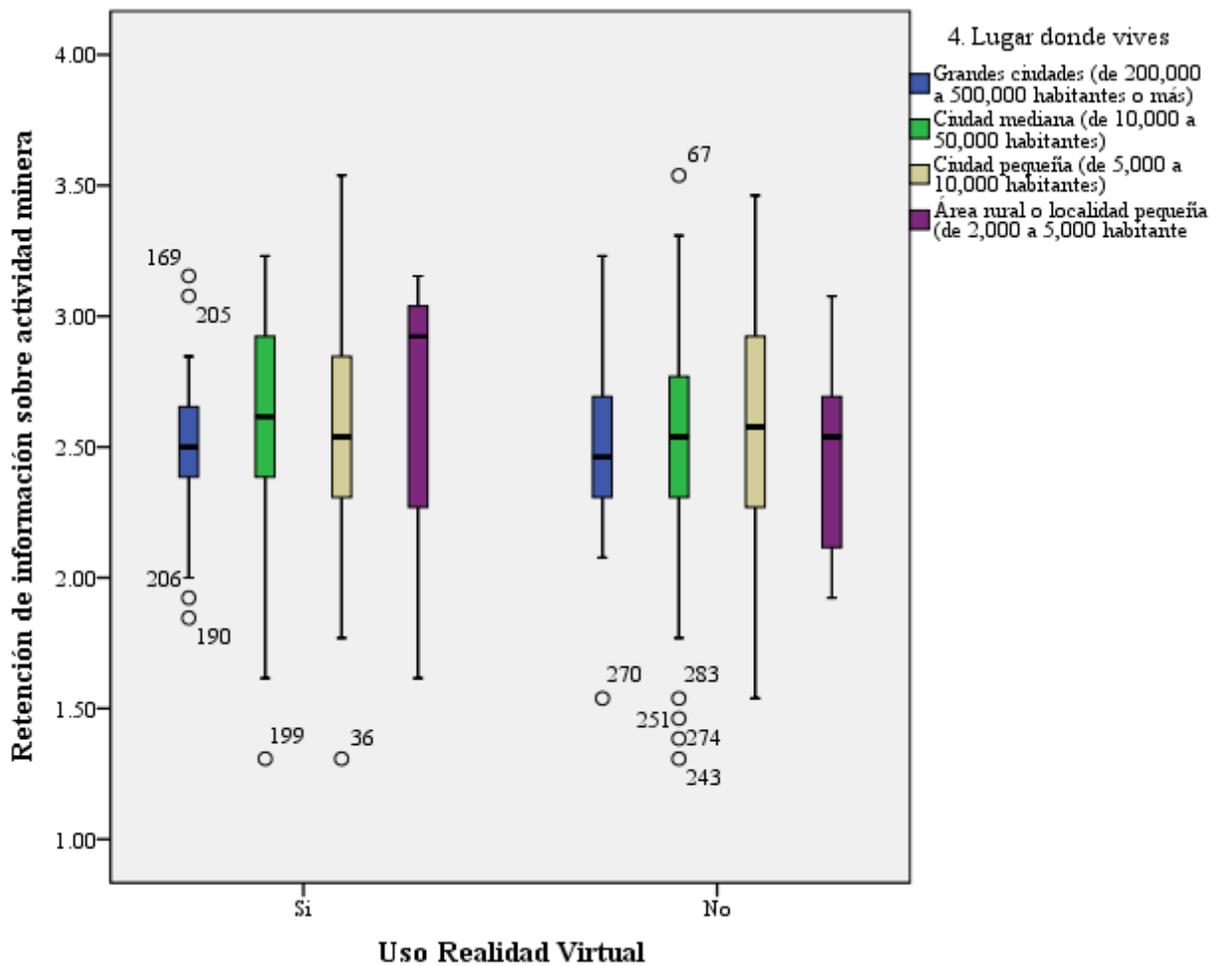
Figura 40. Retención y comprensión de la información según el tamaño de la comunidad donde vive el sujeto participante



Fuente: Realización propia

En el análisis que arroja el gráfico de cajas, se pueden apreciar además de los casos atípicos, las diferencias de la retención y comprensión de la información donde destaca el color morado que representa a los sujetos participantes de poblaciones de entre 2 000 y 5 000 habitantes, es decir, de las localidades más pequeñas de donde son los participantes en el presente estudio, seguido por los de ciudades pequeñas de entre 5 000 y 10 000 habitantes, mientras que los de grandes ciudades se mantienen muy similares con o sin la presencia de la VR (Figura 41).

Figura 41. Retención y comprensión de la información según el tamaño de la comunidad donde vive el sujeto participante



Fuente: Realización propia

En el análisis que recurre a pruebas de efectos inter-sujetos, confirma los análisis anteriores, con la opción de presentación en formato de Tabla 14 que expone las diferencias en la retención y comprensión de la información por el tamaño de la localidad donde viven los sujetos participantes, confirmando que el contexto donde viven las personas sí influye en la utilidad o no de la VR para recibir información, es decir, la capacidad de asombro podría estar más presente en este grupo de la población, y por ende, la tecnología inmersiva tiene un mayor impacto en ellos que en los habitantes de las grandes urbes.

Tabla 14. Retención y comprensión de la información por tamaño de la población donde vive el sujeto participante

Variable dependiente: retención de información sobre actividad minera					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.580 <sup>a</sup>	7	.083	.471	.855
Intersección	649.891	1	649.891	3698.287	.000
Usovr	.069	1	.069	.395	.530
Por lugar	.185	3	.062	.351	.789
usovr * por lugar	.181	3	.060	.343	.794
Error	49.907	284	.176		
Total	1937.935	292			
Total corregido	50.487	291			

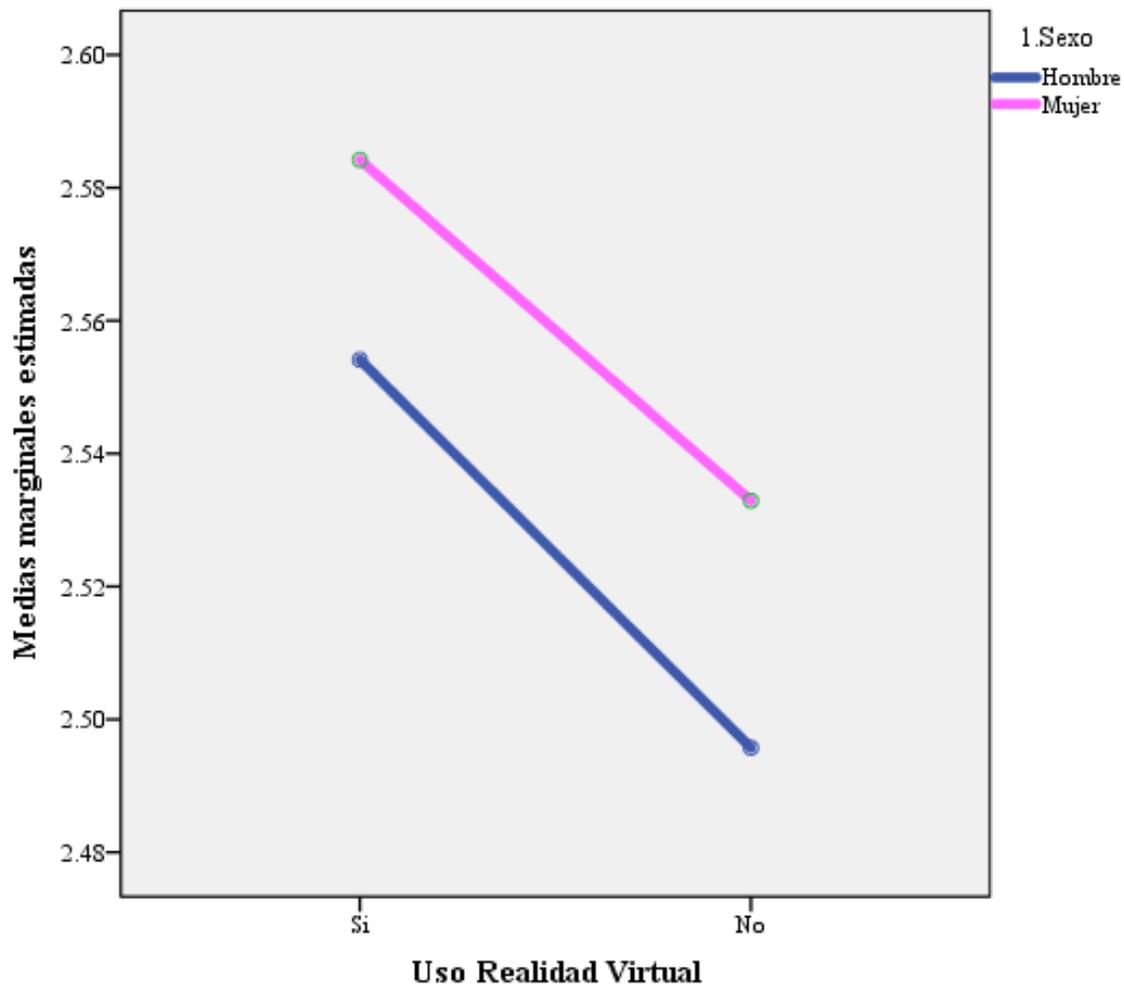
a. R al cuadrado = .011 (R al cuadrado ajustada = -.013)

Fuente: Realización propia

En el nivel de retención de la información según el sexo de sujeto participante, no se encontraron diferencias significativas (0.653). Sólo se observa que entre las mujeres hay ligeramente mayor aprovechamiento que entre los hombres cuando éstas usan la tecnología VR, es decir, retienen y comprenden la información con una diferencia ínfimamente mejor cuando la reciben en un formato inmersivo que cuando se les presenta en audiovisuales tradicionales, en tanto que en los varones se mantienen igual indistintamente si reciben la información con la VR o en formato de audiovisual tradicional (Figura 42).

Es importante resaltar que del total de 302 sujetos participantes de los distintos ámbitos educativos y de las características del lugar donde viven, 58.9% son mujeres y 41% por ciento hombres.

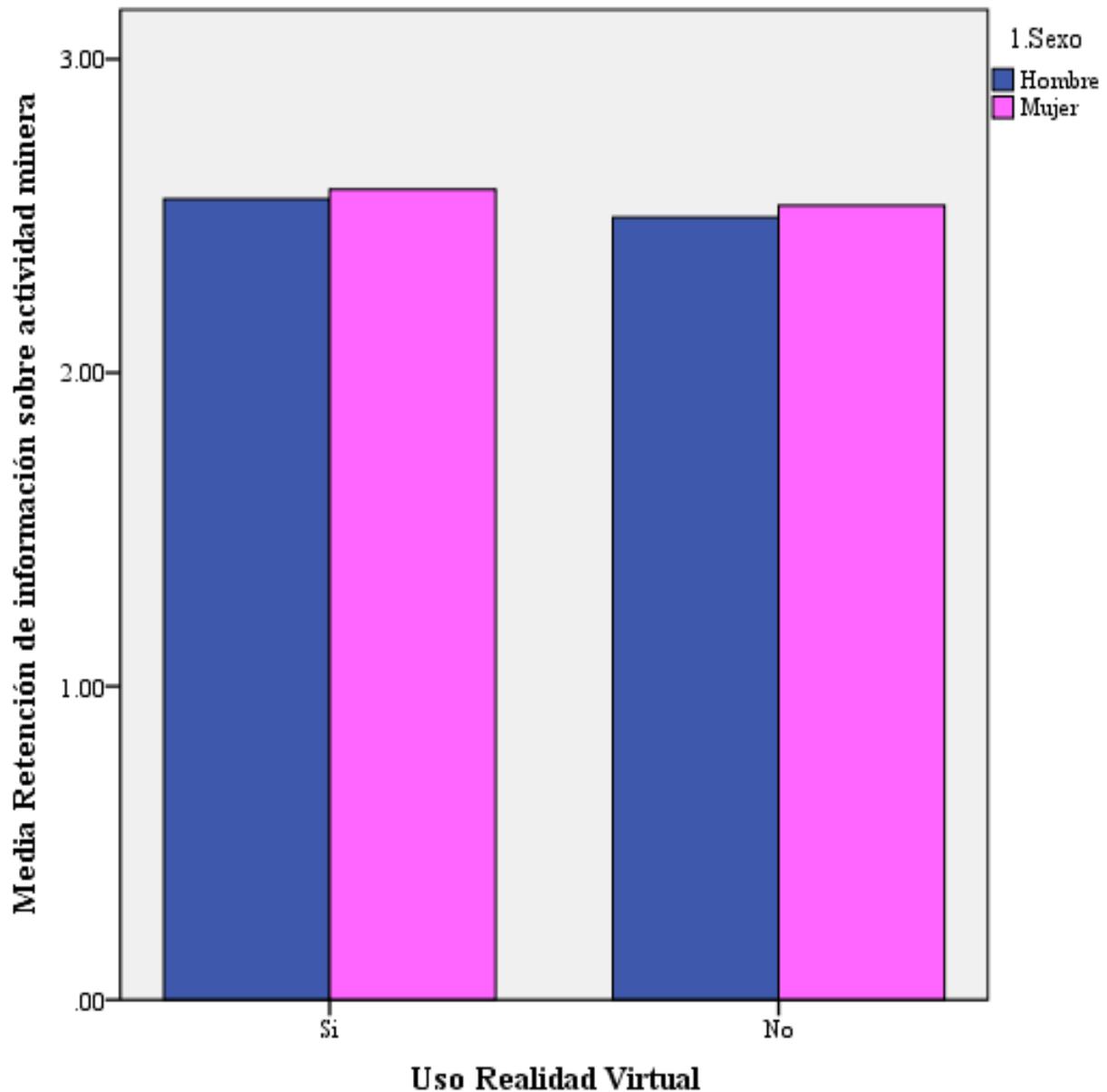
Figura 42. Diferencias en la retención y comprensión de la información según el sexo del participante, utilizando Realidad Virtual



Fuente: Realización propia

En la Figura 43 se aprecian de mejor forma las ínfimas diferencias del aprovechamiento para la retención y comprensión de la información según el sexo del participante.

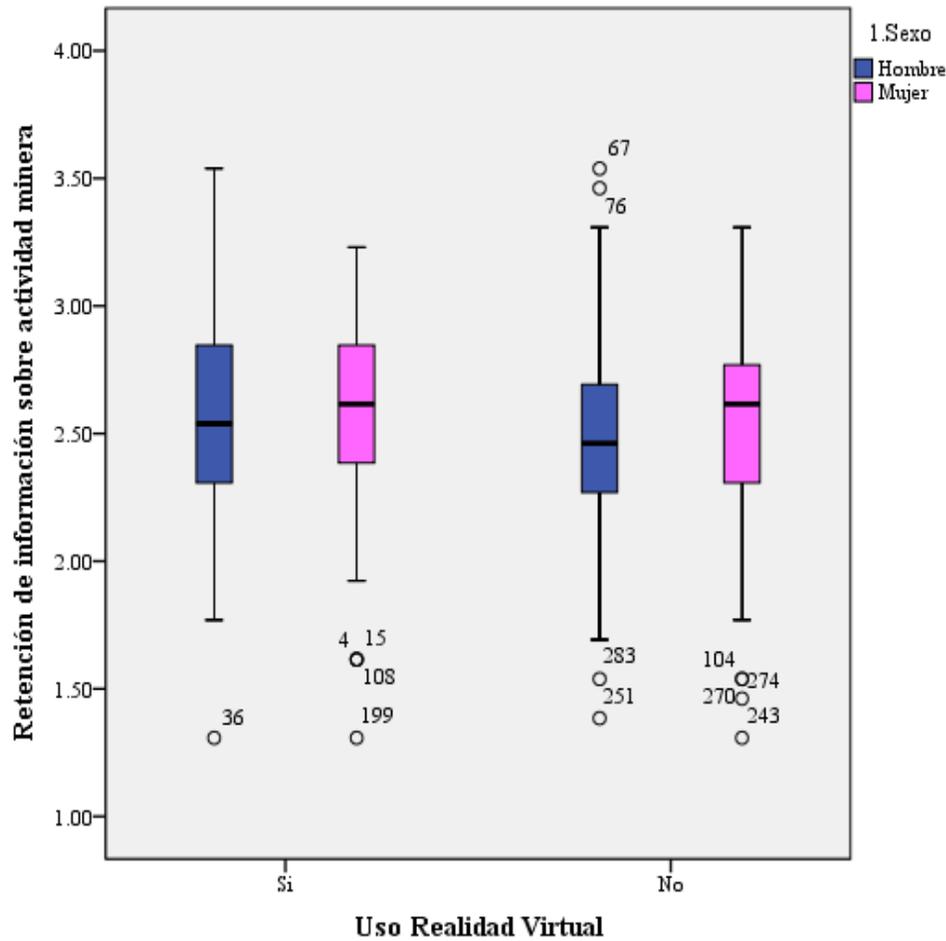
Figura 43. Gráfico de barras sobre retención y comprensión de la información según el sexo del participante.



Fuente: Realización propia

En el análisis de resultados que proporciona gráfico de barras también se encuentran las diferencias no significativas de la utilidad de la VR en la comprensión y retención de la información según el sexo del sujeto participante (Figura 43).

Figura 44. Retención y comprensión de la información según el sexo de los participantes



Fuente: Realización propia

En el análisis de pruebas de efectos inter-sujetos, sobre retención y comprensión de la información de acuerdo al sexo de los sujetos participantes, arroja un resultado que confirma los anteriores, sin encontrar diferencias significativas entre hombres y mujeres, solo en el género femenino se presenta una ínfima diferencia cuando recibe la información en un formato de VR con el cual logra incrementar, aunque no de forma significativa, pero retiene y comprende un poco mejor la información que cuando la recibe en un formato de audiovisual tradicional (Tabla 15).

En este rubro, cabe recordar que los contenidos tanto inmersivo como video o imágenes tradicionales, se presentaron a los participantes como un contenido meramente complementario

a la explicación ordinaria del profesor frente al aula, cuyo tema para la realización de la evaluación de la herramienta tecnología de VR fue el de ciencia y minería.

Tabla 15. Retención y comprensión de la información con Realidad Virtual según sexo del participante

Variable dependiente: retención de información sobre actividad minera					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.283 <sup>a</sup>	3	.094	.544	.653
Intersección	1824.818	1	1824.818	10503.386	.000
Usovr	.212	1	.212	1.222	.270
Por sexo	.080	1	.080	.460	.498
usovr * por sexo	.001	1	.001	.005	.943
Error	50.210	289	.174		
Total	1943.994	293			
Total corregido	50.493	292			

a. R al cuadrado = .006 (R al cuadrado ajustada = -.005)

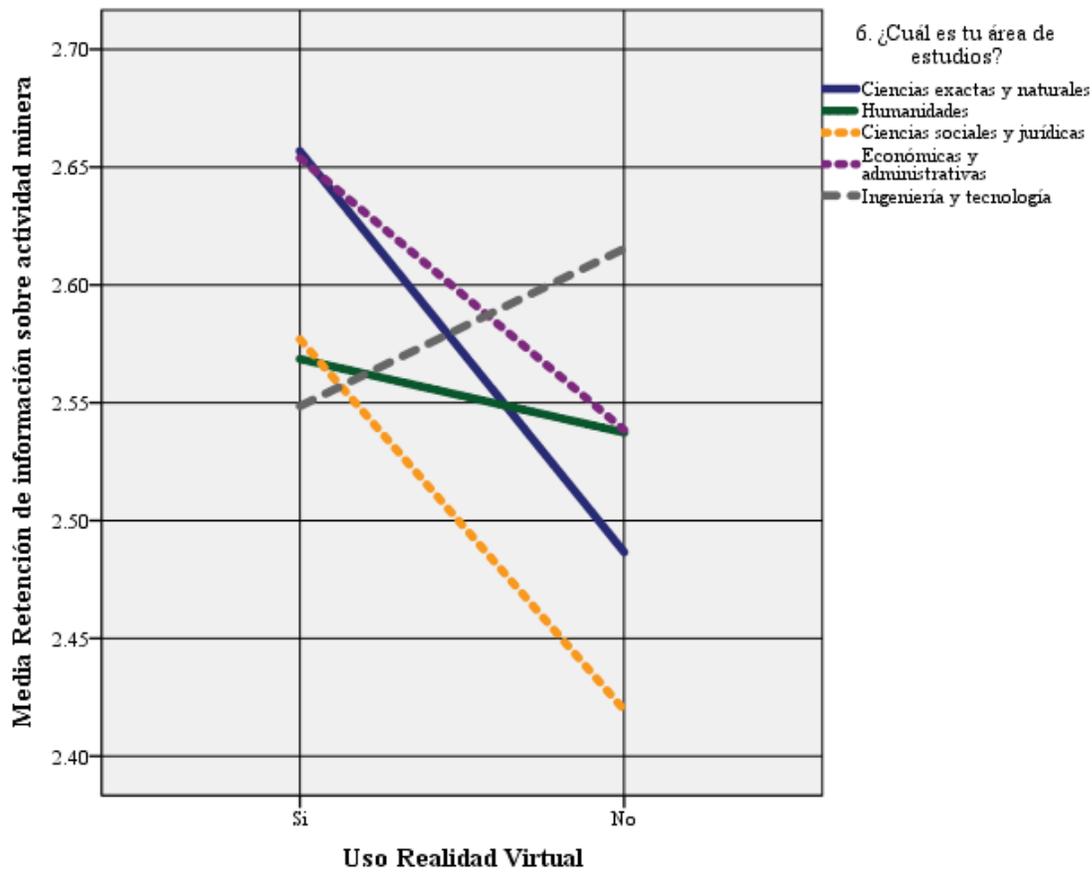
Fuente: Realización propia

En el análisis de los resultados sobre las diferencias en la retención y comprensión de la información cuando el participante recibe información en VR o en formato tradicional, según el área de estudios, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas (0.840).

Sin embargo, en los usuarios de todas las áreas del conocimiento, se presenta un ligero incremento en su retención y comprensión de la información cuando reciben la información en un formato de VR, a excepción de los sujetos participantes que estudian carreras del área de ingeniería y tecnología, lo que podría suponer que tienen una mayor familiaridad con dicha herramienta y por tanto, ya no les representa un cambio, aunque para realizar dicha afirmación, habría que hacer estudios más amplios que permitan determinarlo (Figura 45).

De acuerdo con los resultados, en las áreas ciencias sociales y jurídicas, las económicas y administrativas, las ciencias exactas y naturales, así como las humanidades, justificaría hacer estudios específicos para evaluar la utilidad de la herramienta de VR en cada una de las áreas del conocimiento, con temas específicos de cada área.

Figura 45. Retención y comprensión de la información según el área de estudios del sujeto participante



Fuente: Realización propia

En el análisis de prueba de efectos inter-sujetos, los resultados afirman los anteriores, los cuales se presentan en formato de la Tabla 16 que presenta las diferencias de la utilidad de la comprensión y retención de la información según el área de estudios de los sujetos participantes, en cuyos resultados no se observan diferencias estadísticamente significativas, pero que, infieren que justificaría evaluarla con contenidos de cada una de las áreas del conocimiento.

Especialmente en las que se observó un ligero incremento como es el caso de las ciencias sociales y jurídicas, las económicas y administrativas, las ciencias exactas y naturales, así como las humanidades, solo exceptuando las carreras afines a la ingeniería y tecnología que no arrojaron ningún beneficio con la presencia de la VR para incrementar la comprensión y retención

de la información entre la población de estudiantes que participaron el estudio de la presente tesis.

Tabla 16. Retención y comprensión de la información por área de estudios del sujeto participante

Variable dependiente: Retención de información sobre actividad minera					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.862 <sup>a</sup>	9	.096	.547	.840
Intersección	686.701	1	686.701	3918.961	.000
Usovr	.174	1	.174	.992	.320
Por área	.137	4	.034	.195	.941
usovr * por área	.420	4	.105	.599	.664
Error	49.414	282	.175		
Total	1939.680	292			
Total corregido	50.276	291			

a. R al cuadrado = .017 (R al cuadrado ajustada = -.014)

Fuente: Realización propia

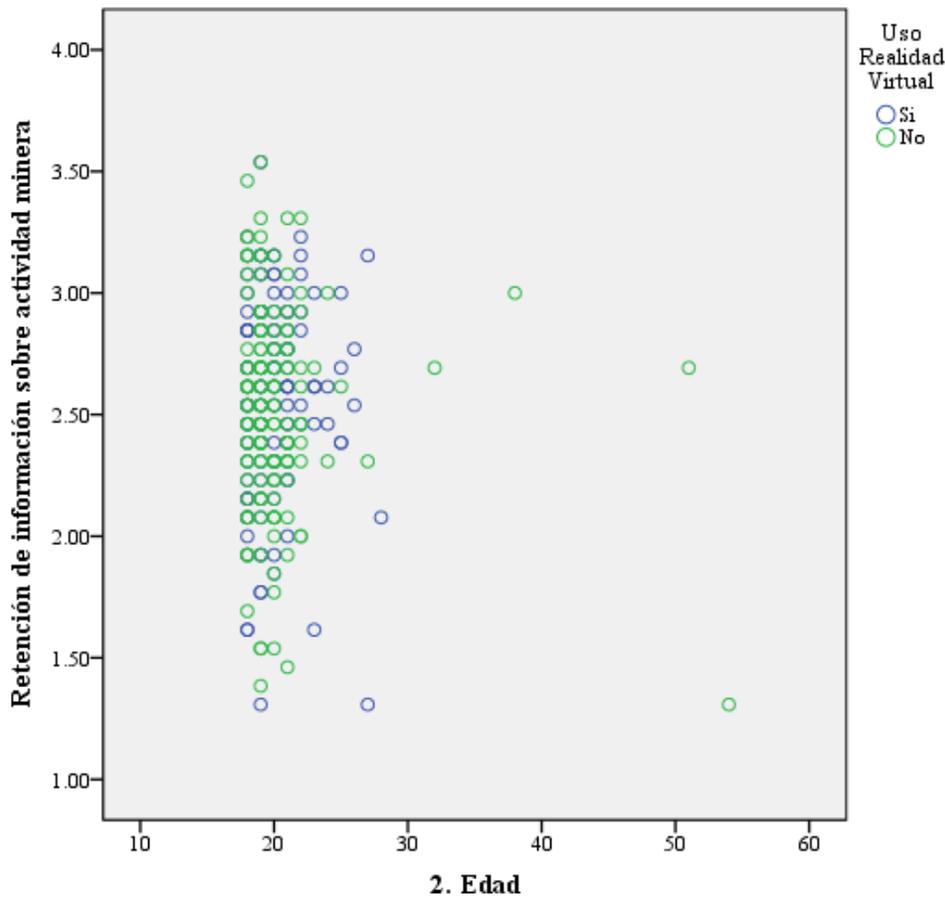
El análisis de la retención y comprensión de la información según la edad del sujeto participante, entre quienes recibieron contenidos en un formato de VR y quienes lo recibieron en un formato de audiovisual tradicional, no arroja diferencias estadísticamente significativas.

Ante este resultado, cabe resaltar que los sujetos participantes en el presente estudio se concentran entre los 18 y los 28 años de edad (con solo cinco excepciones de los 302 participantes que rebasan los 30 años de edad) por lo que, se podría inferir que es la razón de que no presenten diferencias en este rubro específico que para definirlo.

Habría necesidad de hacer un estudio con participantes de otros grupos de edad, con personas más jóvenes como adolescentes, pero también adultos mayores que nos pudieran proporcionar mayores elementos que respondan si la edad influye o no, para que los usuarios de la VR incrementen o no la comprensión y retención de la información que se les proporciona (Figura 46).

Cabe resaltar, que los contenidos tanto inmersivo como tradicional, se les proporcionaron a los sujetos participantes, como un mero contenido complementario a la explicación ordinaria que proporciona el profesor dentro del aula.

Figura 46. Retención y comprensión de la información según la edad del participante con el uso de Realidad Virtual



Fuente: Realización propia

### Pruebas de Efecto Experimental

En este apartado se incluye el análisis estadístico que arroja resultados entorno a los objetivos de la presente tesis que, aunque la metodología utilizada combina el cuasi-experimento con un estudio cualitativo a través de la observación y un cuestionario de respuestas de opción múltiple y una abierta, el nivel de confiabilidad del instrumento utilizado especialmente en la

primera parte ya mencionada permite analizar los resultados a través de las pruebas de efecto experimental.

Lo anterior, específicamente en cuanto a la utilidad de la tecnología de VR para incrementar la retención y comprensión que se proporciona al usuario, en comparación con el audiovisual tradicional, utilizando para ello, la información del tema de ciencia y minería, el cual permitió medir el nivel de comprensión y retención de la información de la población participante.

### ***Retención y Comprensión de la Información***

El efecto experimental para el caso de la variable general “retención y comprensión de información” estimado con la *d* de Cohen, resultó no significativa (0.282), observándose una diferencia de medias entre tratamientos con o sin uso de la VR de 0.126, valor inferior al 0.30 requerido por el estadístico de Cohen para ser considerado significativo (Tabla 16).

Tabla 16. Efecto experimental en retención y comprensión de la información con *d* de Cohen

Sig.	T	GI	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
.957	1.078	291	.282	.12644571
	1.078	281.224	.282	.12644571

Fuente: Realización propia

### ***Efecto Experimental en Utilidad de Contenido de Realidad Virtual para Transmitir Conocimiento***

El efecto experimental para el caso de la variable general “utilidad de la VR para transmitir conocimiento” estimado con la *d* de Cohen resultó no significativa (0.296), observándose una diferencia de medias entre tratamientos con o sin uso de la VR de 0.122 valor inferior al 0.30 requerido por el estadístico de Cohen para ser considerado significativo (Tabla 17).

Tabla 17. Efecto experimental en la utilidad de la Realidad Virtual para transmitir conocimiento

Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
.829	1.047	292	.296	.12262230
	1.049	285.111	.295	.12262230

Fuente: Realización propia

En virtud de que no se detectaron efectos generales se particularizó el análisis del efecto experimental para cada variable individual divididas en los dos grupos de análisis “retención y comprensión de la información” y “utilidad de la VR”, resultando para el primer caso diferencias significativas (0.011) en la pregunta 15 “¿la minería es una actividad que relaciono con mi vida cotidiana?” donde el coeficiente de Cohen resultó de 0.29, valor ubicado en el mínimo aceptable, y sin embargo, para el segundo caso no se encontraron diferencias significativas (Tabla 18).

Tabla 18. Utilidad de la Realidad Virtual para comprender y relacionar la minería con la vida cotidiana

Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
.262	2.574	300	.011	.29465342
	2.588	296.293	.010	.29465342

Fuente: Realización propia

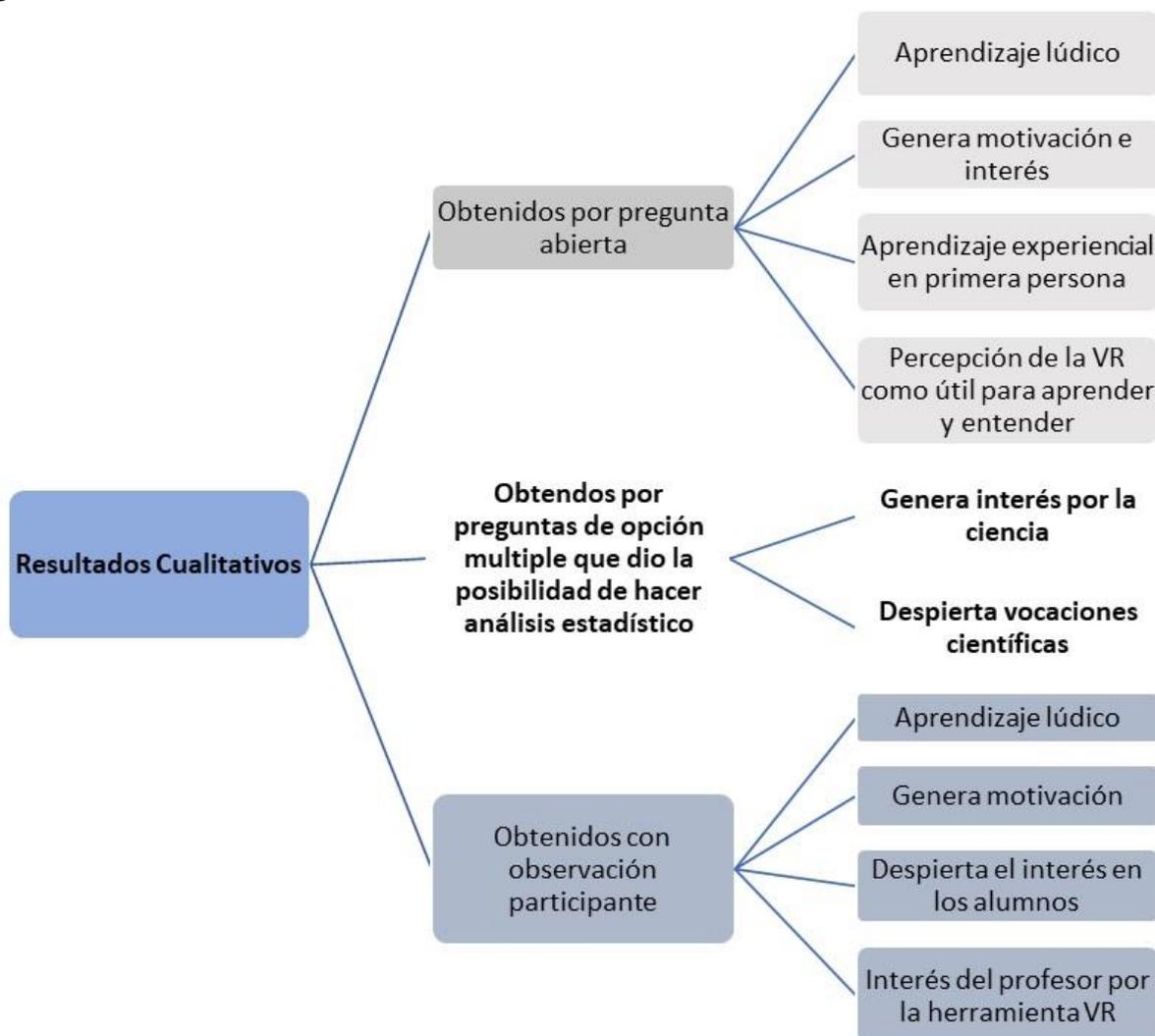
### Resultados Cualitativos

Este apartado consta de resultados de tres métodos que recogen datos cualitativos: 1) se realizaron preguntas con respuestas de opción múltiple con las cuales fue posible hacer un análisis estadístico de los resultados; 2) en el mismo cuestionario de salida se aplicó una pregunta abierta a los sujetos participantes, con la cual se categorizaron las cinco respuestas más frecuentes de los usuarios de VR en comparación con los usuarios de audiovisual tradicional y 3) durante el proceso del cuasi-experimento 19 observadores participantes recogieron datos en un formato semi estructurado con el cual también se obtiene información cualitativa útil para llegar

a las conclusiones del presente estudio, mismas que coinciden con los resultados anteriores, confirmando los hallazgos de las respuestas abiertas.

En el estudio cualitativo participaron el mismo número de sujetos que en el estudio que recoge datos cuantitativos, 302 personas, estudiantes de las mismas universidades (UACH, ITESM, URN, UTT Y UPN) pública y privada, ubicada en zona urbana y rural, con alumnos de los tres niveles socioeconómicos: bajo, medio, medio alto y alto, hombres y mujeres y exclusivamente participaron estudiantes de carreras no afines al tema elegido para realizar este estudio (Figura 47).

Figura 47. Resumen de resultados cualitativos



Fuente: Realización propia

Las preguntas de opción múltiple y la pregunta abierta, permitieron evaluar si la herramienta de VR tiene alguna influencia en: 1) despertar el interés por la ciencia; 2) incrementar el interés en el tema proporcionado; 3) generar motivación; 4) mejorar la comprensión del tema proporcionado; y 5) aprendizaje lúdico.

De las 32 preguntas realizadas a través de un cuestionario aplicado posterior a la impartición de la conferencia “Ciencia y Minería, un Caso de Industrialización del Conocimiento” la última pregunta se planteó abierta, con lo cual fue posible obtener 302 respuestas con el mismo número de participantes, mismas que para fines se categorizaron en las cinco respuestas más frecuentes tanto para los usuarios de VR como a los que recibieron los contenidos en audiovisual tradicional.

Las respuestas obtenidas que permiten hacer una comparación entre los contenidos en VR con los videos e imágenes tradicionales son: 1) despierta o incrementa el interés, motiva; 2) el usuario evaluó de manera positiva la eficacia didáctica de la herramienta; 3) consideró los contenidos audiovisuales como útiles; 4) al ver los contenidos visuales los consideró como experiencia en primera persona, similar a haber visitado el lugar personalmente; 5) calificó los contenidos como aprendizaje lúdico e innovador.

De los 302 participantes, se encontraron diferencias importantes entre los que utilizaron contenidos visuales tradicionales contra los que usaron los de VR en la experiencia en primera persona, es decir, “sentir como estar ahí”, 16 personas que usaron realidad virtual expresaron estas palabras, en tanto que de los usuarios de contenidos tradicionales solo tres expresaron adjetivos iguales o similares durante la experiencia.

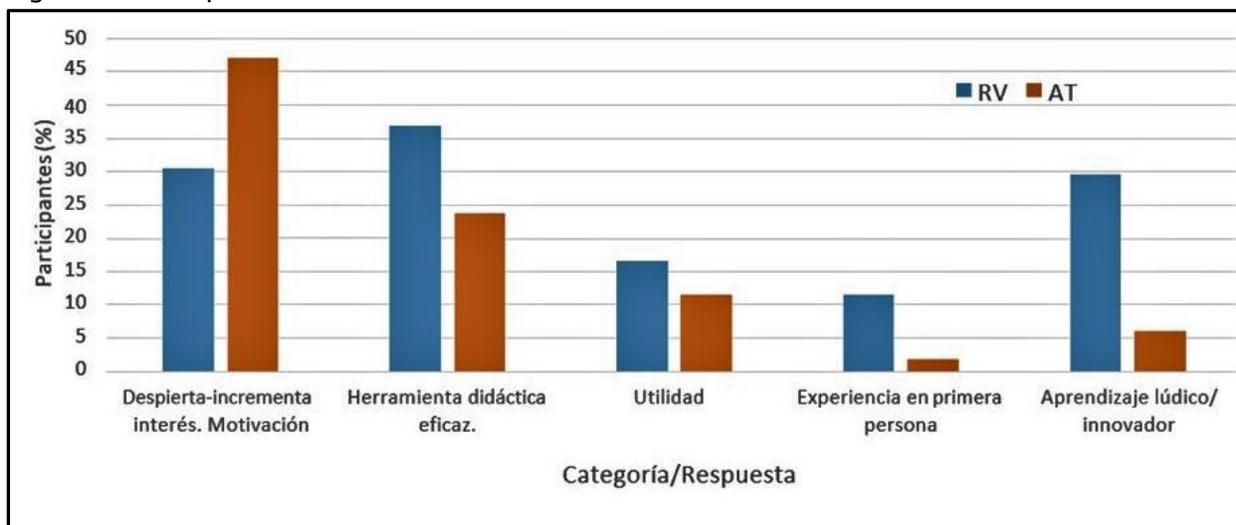
Se encuentran también resultados importantes entre los usuarios que usaron VR, 41 usuarios calificaron la herramienta como una experiencia de aprendizaje lúdico e innovador, “aprendí divirtiéndome”, una de las expresiones más frecuentes, en tanto que los usuarios del contenido tradicional sólo en 10 ocasiones expresaron las mismas o similares palabras.

También se encuentran diferencias en quienes consideraron la experiencia de visualización de los contenidos como herramienta didáctica eficaz, con 51 usuarios de la VR contra 30 del tradicional, es decir, un 30 por ciento más usuarios evaluaron la tecnología inmersiva como eficiente o útil para aprender.

Las siguientes graficas representan las 320 palabras más frecuentes entre las 302 respuestas a las preguntas abiertas, considerando que un solo sujeto podía utilizar el número de calificativos que así desease puesto que se trató de un espacio abierto sin límite de caracteres para narrar su experiencia.

A pesar de ser respuestas a una pregunta abierta las obtenidas en esta parte del estudio, fue posible realizar una gráfica comparativa con las respuestas que dieron en ambos casos y poder evaluar de forma visual las diferencias entre las percepciones de los usuarios de VR contra los que recibieron el contenido en formato tradicional (Figura 48).

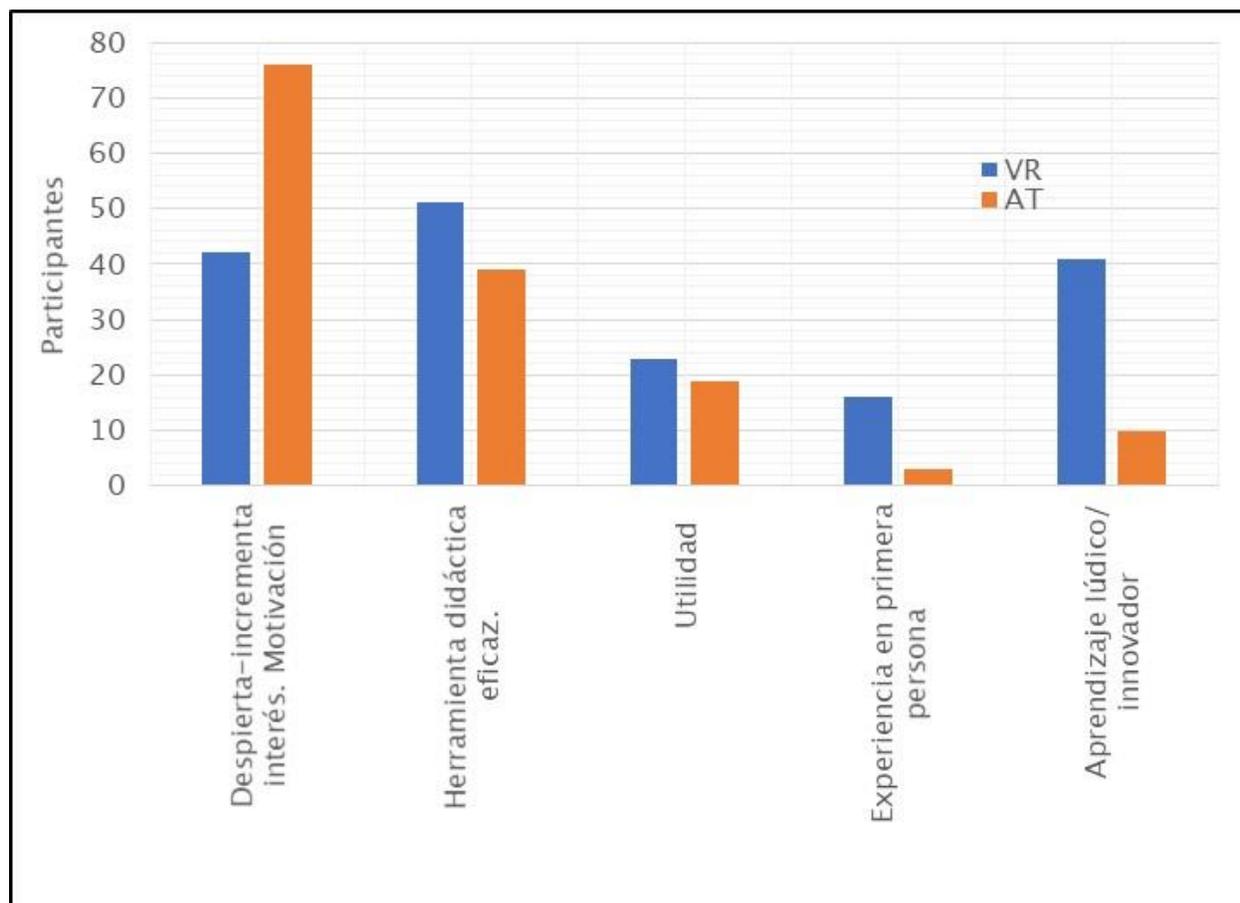
Figura 48. Comparación de usuarios de la Realidad Virtual vs audiovisual tradicional



Fuente: Realización propia

En las cinco respuestas más frecuentes de las 302 emitidas en la pregunta abierta, describen la utilidad del audiovisual tradicional para despertar e incrementar el interés y para motivar, con mayor frecuencia que la VR. En los demás rubros, está por encima la utilidad de la VR (Figura 49).

Figura 49. Cinco respuestas más frecuentes en pregunta abierta

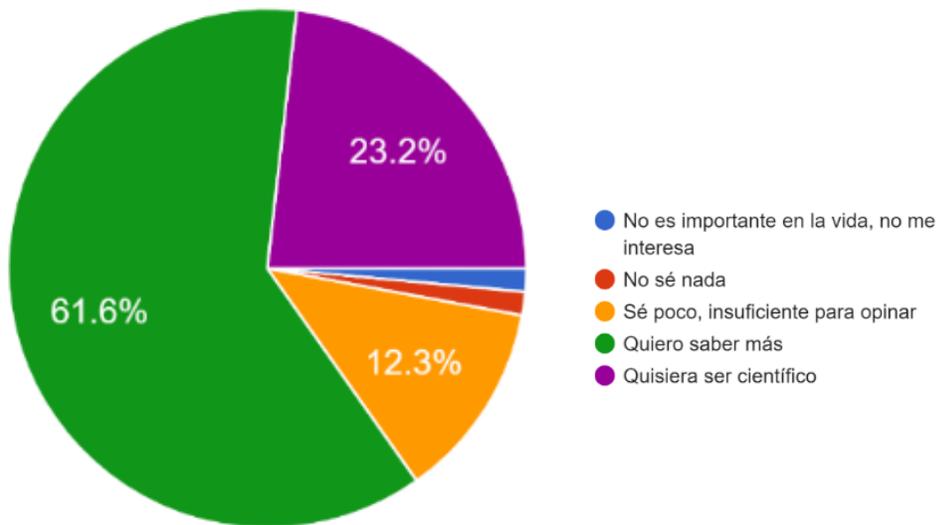


Fuente: Realización propia

### ***La Realidad Virtual para Despertar Interés por la Ciencia y Vocaciones Científicas***

La herramienta que recoge datos cualitativos a través de preguntas de opción múltiple a fin de encontrar datos sobre la influencia que puede tener la VR para cambiar la percepción e interés por la ciencia y si despierta vocaciones científicas, encontró una diferencia significativa con un incremento del 8.6 por ciento cuando se usa la VR en comparación a cuando el usuario recibe la información en imagen o audiovisual tradicional (Figura 50).

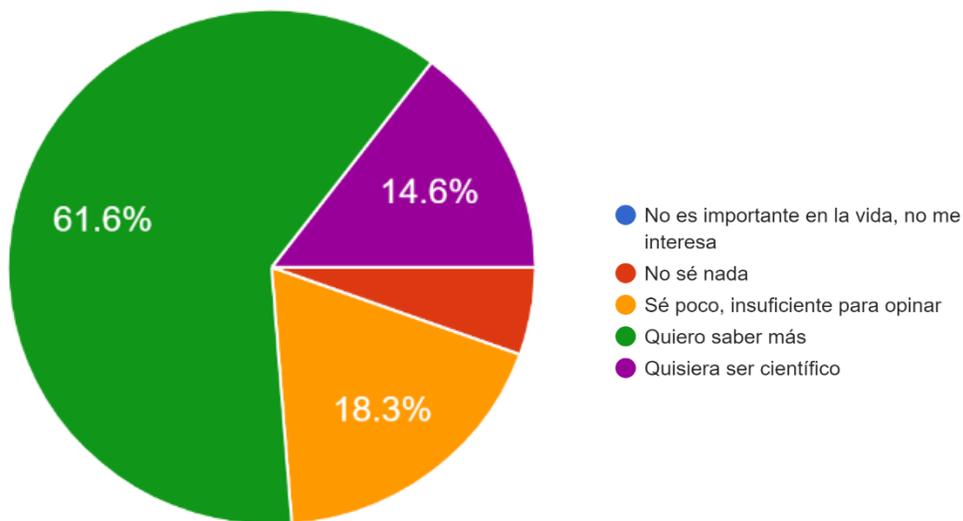
Figura 50. Percepción de la ciencia cuando el participante recibe la información en Realidad Virtual



Fuente: Realización propia

Quando el participante recibió la información en formato tradicional se redujo el porcentaje de personas que tocaron la respuesta de “quiero ser científico”, significativamente menos que cuando usaron VR (Figura 51).

Figura 51. Percepción de la ciencia cuando el participante recibe la información en audiovisual tradicional



Fuente: Realización propia

Aunque los datos perciben un fin de análisis cualitativo de datos, fue posible hacer un análisis estadístico de la respuesta con la prueba de Chi-cuadrado que permite afirmar que cuando el sujeto participante recibió la información en VR, incrementó su interés por la ciencia y le despertó la vocación científica significativamente más que cuando no recibió la información en este formato (Tabla 19).

Tabla 19. Realidad Virtual como herramienta para despertar vocaciones científicas

Pruebas de chi-cuadrado de pregunta 'sobre ciencia opino que':			
	Valor	Gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	10.408 <sup>a</sup>	4	.034
Razón de verosimilitud	11.517	4	.021
N de casos válidos	302		

a. 2 casillas (20.0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es .91.

Fuente: Realización propia

Para evaluar la influencia de la VR en la comprensión del tema científico, específicamente para entender quiénes son los actores involucrados en la producción científica de su región o país, se realizó a los sujetos participantes la pregunta “¿sabes quiénes producen ciencia en tu región o país?”, posterior a haberles proporcionado la información en la conferencia y adicionalmente contenidos en VR a un grupo y contenidos en audiovisual tradicional al segundo grupo, con opción de respuestas de opción múltiple.

En este apartado se encontraron diferencias significativas cuando el usuario recibe la información en VR con un siete por ciento más de comprensión a cuando recibe la información en contenidos visuales y audiovisuales tradicionales. Se registró una mejor retención, interpretación y comprensión de la información cuando usan la VR a cuando no lo hacen (Figura 52).

Figura 52. Respuesta de usuarios de la Realidad Virtual sobre ¿quién produce ciencia en tu región o país?



Fuente: Realización propia

Quienes recibieron la información apoyados con contenidos tradicionales respondieron con un 5.1% menos de certeza que quienes recibieron la información en VR, aunado a que, se presentó un 4.5% menos frecuente la respuesta de “no sé nada”, por lo que, se puede afirmar que la tecnología inmersiva influye de manera positiva para incrementar el nivel de comprensión del tema relacionado con la ciencia (Figura 53).

Figura 53. Respuesta de usuarios de audiovisual tradicional sobre ¿quién produce ciencia en tu región o país.

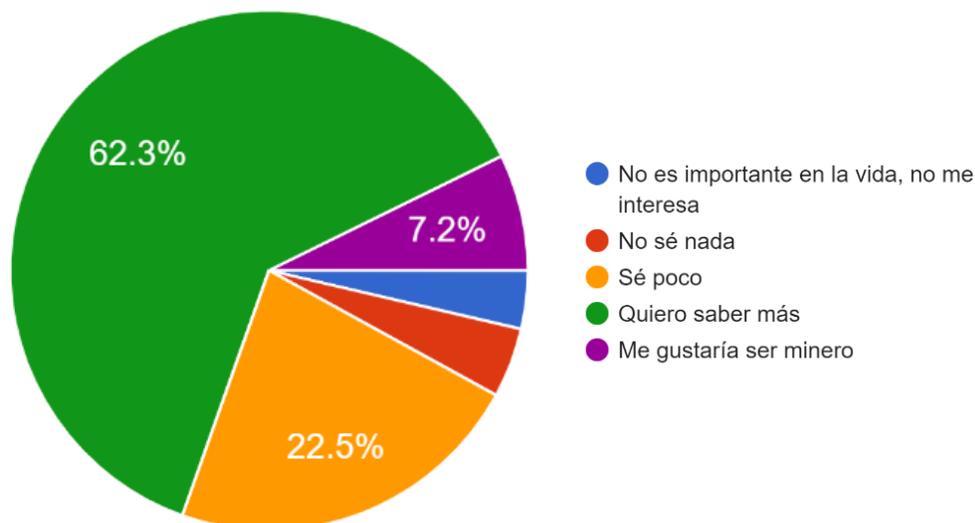


Fuente: Realización propia

Una de las preguntas de opción múltiple se realizó con el fin de conocer si la herramienta de VR influye en el incremento de interés por conocer más sobre el tema proporcionado, de sembrar la curiosidad intelectual al brindar la oportunidad al usuario de hacer un recorrido virtual por el lugar del que se le habló en la conferencia (ciencia y minería, un caso de industrialización del conocimiento (unidad minera)).

Los resultados obtenidos son muy similares cuando el sujeto recibe la información en formato de audiovisual tradicional que cuando lo hace en formato inmersivo de VR (Figura 54).

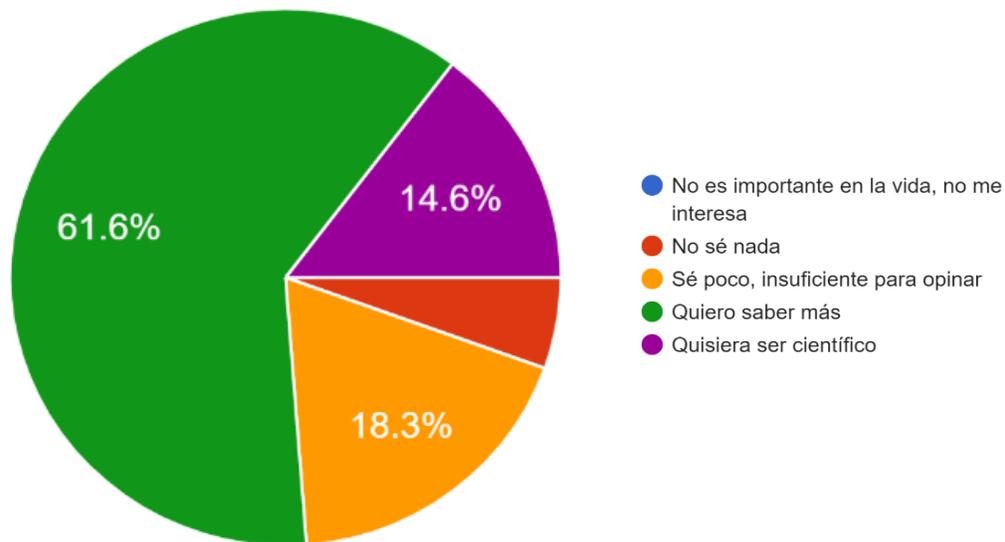
Figura 54. Influencia de la Realidad Virtual para despertar interés sobre el tema proporcionado (minería)



Fuente: Realización propia

Los participantes que recibieron la información en contenidos visuales y audiovisuales tradicionales respondieron de manera muy similar por lo que, en este caso en particular, ambos contenidos son útiles para despertar el interés sobre el tema proporcionado (Figura 55).

Figura 55. Influencia del audiovisual tradicional para despertar el interés del tema proporcionado (minería)

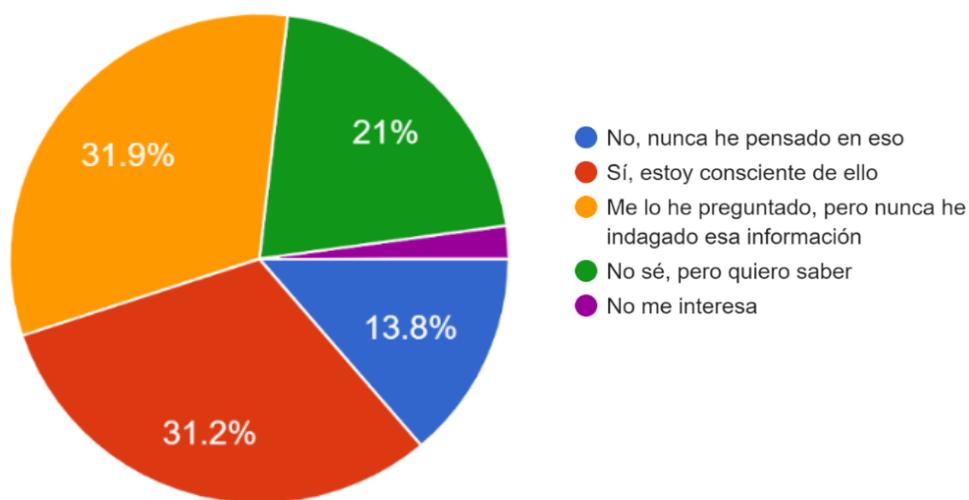


Fuente: Realización propia

Finalmente, se realizó la pregunta con respuestas de opción múltiple para evaluar la influencia de la VR en el incremento del interés por el tema proporcionado, además de retención comprensión de la información, cuyos resultados arrojan que cuando el sujeto participante recibe la información en VR la entiende un 3.6% más.

El interés por el tema le incrementa hasta un 9.5%, según la respuesta a la pregunta ¿conoces en qué se usan los minerales que se extraen de tu país?, posterior a haberla proporcionado en la conferencia previa a hacer el cuestionario de salida donde respondieron a esta pregunta (Figura 56).

Figura 56. Influencia de la Realidad Virtual en la comprensión del tema proporcionado en usuarios de audiovisual tradicional



Fuente: Realización propia

La tecnología inmersiva influye en el incremento de querer saber más, es decir, incrementa la curiosidad, así como un ligero incremento en un aumento por haber comprendido la información que se les proporcionó a los participantes en el estudio, previo a que respondieran esta pregunta (Figura 57).

Figura 57. Influencia de audiovisuales en Realidad Virtual en el interés por conocer más sobre el tema



Fuente: Realización propia

*Datos Cualitativos Recogidos por Observadores*

Adicionalmente, con el fin de recoger mayores datos cualitativos, 19 profesores fungieron como observadores participantes para registrar las reacciones o eventos directamente ocasionados por la presencia de la VR dentro del aula, por lo que, recogieron información en un formato semi estructurado que se diseñó con base a lo ocurrido durante la prueba piloto realizada para el diseño del instrumento de investigación.

Los datos más frecuentemente descritos por los observadores han sido que la herramienta de VR proporciona un ambiente de relajación donde los estudiantes se ríen, que la tecnología despertó interés y hubo expresiones positivas. En cuanto a las manifestaciones de mareos se dieron en nueve de 138 usuarios, de los cuales, ocho dijeron que se marearon poco y uno manifestó haberse mareado un poco más (Tabla 20).

Tabla 20. Datos recogidos por observadores participantes

Frecuencia	Risas	Interés	Manifestación de relajación	Mareos	Emoción positiva	Preguntas
Mucho	2	3	2	0	3	1
Suficiente	6	14	7	1	11	2
Poco	8	0	6	8	3	8
Nada	3	0	1	5	0	5

Fuente: Realización propia

En el formato semi estructurado proporcionado a los observadores para el registro de esta información también se colocó un espacio para comentarios abiertos donde se narra que los participantes estuvieron contentos, que manifestaron comentarios positivos, externaron que el interés y motivación por asistir a la conferencia fue poder ver contenidos en VR, se tomaron fotos, pidieron teléfono a la expositora para futuras invitaciones por parte de la sociedad de alumnos.

Preguntaron, pidieron más información y definitivamente para ellos resultó un día académico especial. Se manifestaron expresiones como “muy interesante, ¡qué padre!”, algunos alumnos agradecieron, pusieron bastante atención, hubo interacción, estuvieron participativos, externaron que se divirtieron y manifestaron que los contenidos en VR les parecían “¡sorprendentes!”.

Otras expresiones registradas por los observadores son como “¡se ve genial”, “¡muy padre!”, “¡me gustó mucho!”, “¡se ve bien chido!”, “se ve muy *cool*”, “¡qué padre hacer algo diferente con la tecnología”, entre otras.

Durante la demostración en VR algunos usuarios intentaron tocar y hubo expresiones como “sentí que estuve ahí y luego me quité los lentes y regresé a mi triste realidad, resulta que estoy en la escuela, en verdad sentí que estaba en otro lado”, lo cual demuestra el alto nivel de inmersión que se logra con la tecnología VR y como se muestra en las siguientes imágenes tomadas en tres momentos diferentes con sujetos participantes de distintos grupos durante el presente estudio (Figura 58).

Figura 58. Fotografías donde sujetos participantes intentan tocar ante el alto nivel de inmersión de la tecnología de Realidad Virtual



Al ver los lentes mostraron curiosidad, en uno de los grupos, todos participaron a excepción de una alumna que externó miedo de marearse. Otro grupo tuvo paciencia para esperar su turno y usar los lentes, aun cuando el tiempo de la clase había terminado se quedaron a esperar. También les sorprendió que los profesores lo pudieran usar como contenidos de clase y comentaron que sería muy interesante que los profesores lo usaran como materiales de clase en distintas materias.

Despertó interés por parte de los profesores y directivos, en éstos, particularmente después asistir a la conferencia, en tanto que los estudiantes, desde antes de asistir ya tenían el interés por conocer la información en el formato VR y en algunos casos, externaron que la motivación para acudir a la conferencia fue vivir la experiencia inmersiva.

#### Capítulo IV. Discusión y Conclusiones

Este capítulo contiene el análisis y discusión acerca de los resultados, tanto cualitativos como cuantitativos, como hallazgos de la presente tesis, así como las conclusiones de la misma. La propuesta fundamental del análisis de esta investigación se basa en la confirmación de la hipótesis planteada, bajo la consideración de que la tecnología de VR es una herramienta útil para transmitir conocimiento científico para despertar la curiosidad intelectual, generar motivación e interés, así como incrementar la comprensión, lo cual podría ser una vía para despertar vocaciones científicas.

Otro planteamiento hipotético de interés al desarrollar esta investigación sostiene que la VR puede ofrecer utilidad para incrementar el nivel de credibilidad de la información proporcionada, sin embargo, no todos los planteamientos sucedieron como se suponía, ya que resulta interesante encontrar diferencias significativas entre la credibilidad que se gana usando contenido basado en el uso de contenido audiovisual tradicional en relación con el formato de VR.

Cabe resaltar que para el desarrollo de esta tesis, los sujetos participantes fueron invitados en una acción voluntaria y la motivación que manifestaron tener para acudir a una conferencia de una temática ajena a sus áreas del conocimiento, fue la demostración en VR que incluía, por lo cual, incluso en quienes no era necesario colocar los lentes de VR porque el objetivo era evaluar su nivel de retención y comprensión sin la presencia de la VR, fue necesario también ofrecer la experiencia inmersiva, por lo que, se recurrió a evaluarlos antes de vivir la experiencia.

Respecto al impacto de la RV en usuarios de zonas rurales es analizado a través de hallazgos cualitativos y cuantitativos. Los datos cualitativos describen la utilidad de la VR para transmitir conocimiento y la influencia de esta tecnología para incrementar el nivel de comprensión y retención de la información proporcionada, donde se observa que los resultados son variables dependiendo del contexto en que se desenvuelve el participante del estudio, así como, la diversidad en las características de las personas con las que se realizó el cuasi-experimento, sólo encontrando coincidencias determinadas por la baja influencia de la VR para

modificar e incrementar el nivel de credibilidad de la información proporcionada, la cual se mantiene igual, con o sin la presencia de la VR.

En cuanto a los resultados cualitativos, este apartado aborda los hallazgos acerca de las bondades de la VR para despertar curiosidad intelectual, generar motivación e interés por el tema proporcionado, así como su influencia para despertar vocaciones científicas. Los resultados al respecto demuestran que la tecnología de VR no tiene el mismo impacto positivo para la transmisión de conocimiento en todas las personas, su aprovechamiento depende del contexto de los usuarios, los participantes de las universidades públicas la aprovecharon significativamente en comparación con las universidades privadas (0.029), resultados que se puede confirmar con las conclusiones a las que otros investigadores han llegado a cerca de los beneficios de la VR para la enseñanza aprendizaje (Avendaño Porras et al., 2011; Abasolo Guerrero et al., 2017; Cantón Enríquez et al., 2017).

Los antecedentes en este tema revelan que, en algunas áreas del conocimiento aún son insuficientes los estudios que se han realizado hasta este momento, así como, de la necesidad de definir en qué condiciones sí y en cuáles no es útil la VR. Los resultados de la presente tesis confirman que es necesario realizar estudios específicos de cada caso y en cada entorno donde se pretendan utilizar tecnologías inmersivas, a fin de evitar gastos injustificados en este equipamiento que hasta ahora sigue siendo de alto costo. Un ejemplo local de lo anterior son dos estudios realizados en México para determinar los beneficios de la VR en clases de matemáticas, los cuales se contradicen, mientras que uno encuentra que esta tecnología no resultó significativamente mejor que las herramientas de educación convencional (Carrillo Villalobos y Cortés Montalvo, 2016), otras investigaciones afirman lo contrario (Avendaño Porras, Rangel Ibarra y Chao González, 2011). Lo anterior indica que la variación en los resultados está presente dependiendo de los distintos contextos de quienes la usan puesto que, cada investigador experimentó con diferentes personas al momento de evaluar la eficiencia de la herramienta para fines de enseñanza y aprendizaje.

El presente estudio arrojó que la herramienta de VR tiene un impacto positivo dependiendo del ámbito en el que el usuario vive, con una diferencia significativamente mayor en quienes viven en zona rural (0.05) que los participantes de la zona urbana, lo cual indica que el nicho de oportunidad está inminentemente en las áreas de educación que históricamente menos acercamiento han tenido a las tecnologías, que son las rurales. Este dato se confirmó al realizar un análisis comparativo de resultados entre las distintas instituciones en las que se realizó el estudio. Se obtuvieron diferencias significativas dependiendo del lugar donde estudian los participantes (0.020), entre los participantes de la UTT ubicada en el municipio de Guachochi, Chihuahua, México, en la zona serrana, además de los participantes de la UPN, ambas instituciones situadas en el campo y cuyos estudiantes de ambas universidades se vieron más beneficiados con la presencia de la VR.

Esto no ocurrió entre los participantes de la UACH y los del ITESM, ambas instituciones ubicadas en zonas urbanas (ciudad de Chihuahua), un área de aproximadamente un millón de habitantes y con acceso suficiente a las tecnologías y en donde, el aprovechamiento es prácticamente igual cuando reciben la información en uno y otro formato, incluso hay una ligera diferencia, pero a la inversa, con el video e imágenes tradicionales aprovecharon mejor que cuando se les presentaron los contenidos en VR. La información anterior, se puede confirmar con un tercer análisis realizado con la variable del tamaño de la población donde viven los sujetos participantes y que, aunque en general no arroja que existe una diferencia significativa (0.106), cuando se trata de usuarios que viven en zonas de entre 2000 a 5000 habitantes, presentan una mayor utilidad con una significancia de 0.031 cuando se utiliza la tecnología de VR que cuando no lo hacen.

De lo anterior se desprende que, así como hay una variación en el aprovechamiento dependiendo del contexto de los participantes, la diversidad temática supondría también que arrojaría distintos resultados. Sin embargo, hasta hoy, el uso de la tecnología inmersiva para transmitir conocimiento se concentra principalmente en el área médica, donde se han creado simuladores para el entrenamiento de inexpertos que además ha permitido reducir el uso de

animales en un contexto protegido, replicable y sin daños al paciente humano. Esto ha generado conclusiones que manifiestan la necesidad de que las universidades inviertan en esta tecnología que eventualmente se convertiría en un método de enseñanza, además validar los modelos en estudiantes y médicos, considerando que en algunas instituciones ya las utilizan, pero sin la debida validación, sin la documentación de casos sobre sus beneficios específicos y sus diferencias con los métodos tradicionales para la enseñanza-aprendizaje (Thone et al., 2017).

Es de considerarse que las instituciones educativas de nivel superior en países desarrollados y con experiencia en contenidos inmersivos apostando a la VR como una herramienta de enseñanza y aprendizaje, sin embargo, llega a considerarse como poco pertinente estudiar esta clase de temas, viendo con naturalidad que se tengan tanto tecnologías inmersas y procedimientos tradicionales como opciones didácticas y como un medio de apropiación del conocimiento (Fainholc, 2010; Betancourt et al., 2014; Dennhardt et al., 2017). Contrario a lo anterior, se considera que en las instituciones educativas superiores ubicadas en países en vías de desarrollo (como es el caso de México) y donde la diferencia en calidad educativa ofrece diversas realidades, no resulta posible generalizar el beneficio del uso de las herramientas de la VR y, además, es de esperarse que los resultados no sean los mismos dependiendo del contexto, por tanto, es necesario determinar condiciones particulares y validar metodologías, aunado a evaluar la viabilidad económica, si está o no al alcance de instituciones y en su caso, de los estudiantes.

A nivel internacional, aunque existen muchos contenidos publicados en VR, pocos son los que hasta hoy han sido probados y validados como herramientas didácticas para la educación formal, entre ellos destaca el programa formativo en cirugía laparoscópica para estudiantes con el "Hospital Virtual Valdecilla", acreditado por el Colegio Americano de Cirujanos y como centro asociado al Centro de Simulación Médica de Boston (Center for Medical Simulation). Este caso de éxito está conformado por un currículo de nueve módulos utilizando laparoscopia, para que los estudiantes desarrollen las habilidades técnicas y cognitivas con prácticas virtuales en 240 horas

a lo largo de su residencia de un año (Gutiérrez–Baños, et al, 2015); otro caso es el simulador en VR registrado como Osirix® que logró una validación como material didáctico (Sánchez Gómez, et al, 2015). Estos casos son un antecedente de la clara la efectividad de las herramientas de VR en la educación basada en la simulación, en los ejercicios virtuales más cercanos a lo que podría ser la realidad.

Ambos están entre los que más han traspasado fronteras y se han puesto al servicio de universidades. Sin embargo, en la búsqueda de antecedentes para contenidos inmersivos para áreas como humanidades y ciencias sociales, aún no existen contenidos debidamente validados por la comunidad académica como es este caso. Otras experiencias interesantes de aplicación directa de la VR se relacionan con la posibilidad de aprender el funcionamiento del corazón yendo al interior de una pantalla es más sencillo que hacerlo en un quirófano, lo afirman universidades que introdujeron la VR en sus clases como un método de enseñanza–aprendizaje entre las cuales destacan Georgia State University, Atlanta, GA; Universidad de Edimburgo, Escocia, la Universidad de Hamburgo, Alemania y la Universidad Técnica de Viena donde utilizaron el software Selector Multimedia Virtual Multipropósito (MVMS).

La mayoría de los contenidos inmersivos ya validados y que continúan su crecimiento, aceptación y popularización en la educación, son los del área de la salud, mientras que la validación de métodos y contenidos de VR para otras áreas del conocimiento sigue siendo escasa, y en consecuencia, los antecedentes de metodologías para evaluar la eficacia o ausencia de ella en la enseñanza aprendizaje, fuera del área médica es muy limitada aún, insuficiente para determinar fórmulas que nos permitan generalizar su uso en las aulas, o fuera de ellas.

En México, el ITESM, instaló once laboratorios de VR en los estados de: Nuevo León, Estado de México, Chihuahua, Jalisco, Puebla, Querétaro y la ciudad de México, con objetivo de estimular la curiosidad tanto en profesores como estudiantes, apostando a lo ya conocido como aprendizaje experiencial, en una búsqueda por generar métodos de aprendizaje innovadores que hagan uso de las tecnologías emergentes a través del proyecto nacional denominado Mostla. Este proyecto nació con el fin de que los profesores puedan innovar en su disciplina, pero hasta el

2020, el proyecto aún no generaba artículos científicos ni tampoco la validación de algún método de enseñanza–aprendizaje. El laboratorio de VR instalados todos, en un ala de las bibliotecas de cada universidad, continúa en una etapa muy temprana, apenas documentando lo que ocurre en estas salas que cuentan con un repositorio de contenidos clasificados por temas.

En relación a lo anterior, el resultado de la presente tesis no encuentra diferencias significativa en el aprovechamiento de la VR según el área de estudios del sujeto participante (0.572), en humanidades, ciencias exactas y naturales, existe un ligero incremento en su aprovechamiento, en comparación con las áreas de estudio económico administrativas, ingeniería y tecnología, además de ciencias sociales y jurídicas, aunque cabe destacar que la presente tesis, utilizó el mismo tema de ciencia y minería para todos los grupos donde se realizó el estudio. El presente resultado sugiere que, si no hay diferencia en el aprovechamiento, indistintamente del área del conocimiento, el éxito que ha tenido en el área médica justificaría intentar aplicarla en las demás áreas del conocimiento donde podría generar un impacto similar. Dato que los escasos estudios hechos al respecto así lo afirman, como un análisis de la historia de la VR que señala a esta tecnología como un nicho de oportunidad para las ciencias sociales (Loomis, 1992; Cózar et al., 2015; Molina Torres, 2018).

De acuerdo a lo anterior, con esto también coinciden investigaciones que han estado en manos de la iniciativa privada que han incluido otras áreas del conocimiento. Tal es el caso de la empresa Google que exploró la aplicación de la VR en geografía, medio ambiente, diversidad natural y cultural en grupos focales en siete escuelas de Estados Unidos, y encontró que, tanto en estudiantes como en maestros, esta tecnología proporciona una aceleración en el aprendizaje de la ciencia (McKnight, et al, 2016). Para realizar estudios, se podrían aprovechar los contenidos inmersivos insertos ya en la red, algunos de forma gratuita, otros no. Estas afirmaciones revelan una influencia positiva de la VR para despertar el interés por la ciencia y vocaciones científicas, significativamente más (0.034) que cuando la información se presenta en audiovisual tradicional, en tanto que los resultados cualitativos encontrados durante la observación participante, afirman que también en docentes se despierta el interés.

Los resultados del presente estudio apuntan además que, la VR es una herramienta didáctica útil para los cursos que las instituciones educativas detecten como los de mayor desaprobación por parte de los estudiantes, así como los de alto nivel de reprobación, la tecnología inmersiva podría ser una vía para las materias más despreciadas dentro de algún entorno universitario, así como para los cursos considerados por los estudiantes como los más complejos. En la actualidad son más los proyectos de empresa apostando por la VR para distintos fines. El uso de esta tecnología está presente en ingeniería, telecomunicaciones, en ciencias aplicadas como la aeronáutica y aeroespacial, en la industria automotriz donde se generan ya prototipos de vehículos involucrando a las universidades con proyectos estudiantiles (Ramírez Muñoz, 2017). Es decir, la iniciativa nace en la empresa y ha buscado el apoyo de instituciones educativas para ejecutar y validar su aprovechamiento. Esto infiere que podría ser una vía para la masificación del uso de la herramienta en las aulas universitarias: ni la empresa puede ofrecer un aprovechamiento de esta tecnología sin el apoyo de instituciones educativas, ni las instituciones educativas (en su mayoría) lo pueden hacer sin las empresas, al menos no a corto plazo, por el costo que representa la adquisición definitiva de equipos.

Además de la aplicación de la VR en el aula, debe considerarse la necesidad de que el conocimiento no se busque tramitar únicamente en estos escenarios entre docentes y estudiantes, sino que trascienda a la sociedad civil en contextos donde se solucionen problemas concretos. Por ejemplo, con la VR se pueden validar máquinas o mecanismos de manera interactiva y en tiempo real, hacer estudios de mercado, el cliente final del producto opina sobre características físicas y funcionales del diseño, en etapas tempranas del producto, antes de que éste se elabore, proporcionando así, reducción de costos (Morales et al., 2006), generando también una posibilidad de economizar en tiempo y dinero en programas educativos, lo cual, podría hacer sostenible la introducción de equipamiento a instituciones de educación pública o privada.

Para mantener un equipamiento de VR con fines educativos en todas las áreas del conocimiento, las universidades, podrían intercambiar el diseño y producción de contenidos con la industria, haciendo que ambas partes reduzcan costos, por un lado, la universidad

economizaría en educación, y por otro, la empresa reduce costos en la generación de sus prototipos y estudios de mercado. Esto se fundamenta en los casos ya mencionados, que van desde una producción de contenidos inmersivos para entrenar astronautas, hasta estudiantes de medicina que a través de simuladores se someten a prácticas de cirugías pero que se ha logrado no con proyectos económicos y sostenibles, se trata de grandes empresas e instituciones que han hecho inversiones importantes que el presente estudio pretende resolver con propuestas de innovación social.

En las intervenciones realizadas en los 19 grupos participantes para evaluar la influencia de la VR de la presente tesis, fue posible “trasladar” a los estudiantes universitarios de zonas urbanas, semi urbanas y rurales a una visita virtual, inmersiva a una unidad minera que físicamente les quedaba a cientos de kilómetros, y conocer cada área del proceso de extracción de minerales, la tecnología, el funcionamiento de máquinas, de recurso humano, las medidas de seguridad empleadas para tal fin, así como el contexto social. Lo anterior, de otro modo habría sido casi imposible, ante la imposibilidad de acceso a algunas áreas industriales restringidas a las cuales el acceso lo tienen exclusivamente personas capacitadas en el uso adecuado para la prevención de riesgos específicos, aunado a la distancia, la economía y otras causas como la ubicación geográfica de la unidad minera.

Con la tecnología inmersiva utilizada se les ofreció una experiencia lo más cercana posible a una visita real, con la ventaja de no tener que trasladarse físicamente a un sitio ubicado a cientos de kilómetros de su lugar de origen, economizando así en su aprendizaje y que, de otra forma, habría sido muy difícil conseguir el ingreso a la unidad minera para 342 personas, aunado con la dificultad logística. Los resultados del efecto experimental de esta tesis, revelan que la utilidad de la VR presenta diferencias significativas (0.011) para comprensión y retención del tema proporcionado, utilizando para este caso el de ciencia y minería, según el análisis realizado con el coeficiente de Cohen (0.29) en comparación con los audiovisuales tradicionales, es decir, retuvieron y entendieron significativamente más la información en formato VR que en formato de audiovisual tradicional.

Además de los resultados del efecto experimental de la presente tesis, en el resultado del cuasi-experimento realizado, en la variable que evaluó la influencia de la VR en la retención y comprensión de la información proporcionada, se encontró que el ámbito donde vive el sujeto participante influye de forma importante en los resultados. Las personas de la zona rural que usaron VR retienen y comprenden la información significativamente más (0.040) que quienes viven en las zonas urbanas, en tanto que los habitantes de las ciudades se mantuvieron con una retención y comprensión de la información muy similar con o sin VR, lo cual indica que, la familiaridad que tiene cada usuario con las tecnologías podría influir en el nivel de su aprovechamiento, cuanto menos contacto con las tecnologías, mejor las aprovecha cuando las tiene a su alcance. De este mismo estudio se analizaron los resultados por institución y se encontraron diferencias estadísticamente significativas (0.020) dependiendo de la universidad en la que estudian.

Los sujetos participantes de la UTT y de la UPN, ambas ubicadas en el municipio de Guachochi, Chihuahua, México, presentan un mayor nivel de retención y comprensión cuando utilizan VR que cuando no lo hacen, en tanto que los sujetos participantes del ITESM campus Chihuahua se mantiene igual con cualquiera de las dos herramientas (audiovisual tradicional o VR). Dato relevante es que los participantes de la UACH (universidad pública ubicada en zona urbana), presentan un ligero mayor nivel de retención y comprensión de la información cuando usaron la metodología tradicional, es decir, retienen y comprenden más la información con audiovisuales tradicionales que con los contenidos en VR.

Lo anterior nos indica que siendo en las universidades ubicadas en ambientes rurales y población que vive en esa misma región la que más aprovecha la presencia de la VR para comprender y retener la información que se le proporciona, es donde más justificaría hacer las primeras inversiones de prueba para fines de enseñanza aprendizaje, y donde se podrían buscar las primeras vinculaciones con empresas para este fin. Ante lo anterior, que habla específicamente de lo que ocurre en ambientes rurales, uno de los antecedentes cercanos similares al resultado es el estudio realizado en un entorno no urbano es el centro educativo

Tunjita del departamento de Boyacá, Colombia, que utilizó la VR para la realización de prácticas virtuales en el tema de metales alcalinos.

Dicho estudio arrojó la viabilidad de extenderlo a múltiples áreas del conocimiento como la mecánica, la seguridad militar, la medicina, entre otras (Luengas, Velásquez y Beltrán, 2018), dato que nos continúa afirmando casos de éxito para ciencias exactas y enfatiza la ausencia de estudios para las ciencias sociales y humanidades. Esto incide en uno de los principales aportes de esta tesis que propone el uso de la VR para transmitir conocimiento científico de cualquier área del conocimiento, no particularmente del área médica o afines a la misma, sino como una herramienta para transmitir conocimiento de cualquier área, para comunicar información y motivar al usuario en investigar más sobre el tema que se les proporcione. Aunque en el resultado de esta investigación apunte que solo hay un efecto positivo en cuanto a la utilidad de la VR para incrementar la comprensión y retención de la información sólo en entornos rurales, no significa que en usuarios de zona urbana no exista la posibilidad de registrar algún impacto positivo, los resultados indican que podrían presentar variaciones incluso dependiendo del tema proporcionado y para este estudio se usó el mismo tema en todos los grupos.

Los antecedentes revelan que los avances tecnológicos han llevado a reflexionar sobre la forma en que los usuarios consumen los contenidos hoy en día y se ha probado que cuando el receptor del mensaje vive la experiencia sucede un proceso de aprendizaje más efectivo, incluso, se suma a causas sociales, como es el caso del periodismo inmersivo que tiene el objetivo de situar al espectador dentro de la historia, de manera que pueda sentir y vivir en primera persona los hechos narrados, especialmente útil para aquellos casos en los que el objetivo es influir en la opinión del otro, de sensibilizarlo en temas muy concretos, en la búsqueda de que la sociedad empatice. Ejemplos de lo anterior son dos piezas en VR que abordan un mismo tema “el confinamiento solitario” en las cárceles de Estados Unidos: 6x9: Una experiencia virtual de aislamiento (*A virtual experience of solitary confinement*) hecha en el 2016, o el proyecto del diario The Guardian y *Confinement* en 2015, un video creado por la productora Ryot y adquirido por The Huffington Post, ambas son la experiencia de

estar solo en una celda, con el fin de empatizar, concientizar sobre el aislamiento en las prisiones de Estados Unidos (Jiménez Iglesias, Paíno Ambrosio y Rodríguez Fidalgo, 2017).

Es un hecho que hay un creciente interés por la información gráfica que está incluso remplazando a la palabra escrita o que se está utilizando como herramienta de apoyo a ella cada vez con mayor frecuencia. Se han empezado a producir libros, instructivos, archivos tridimensionales, videos explicativos con imágenes en VR y RA, reconociendo que representan un valor agregado a los materiales didácticos tradicionales (Coimbra et al., 2015). Un ejemplo de cómo la imagen va ganando audiencias son las plataformas en línea que apuestan únicamente por la imagen como Instagram (Prades Oropesa y Sánchez, 2016), entonces, si los estudios ya afirman la influencia de la imagen en la transmisión del conocimiento, y la versión más evolucionada de la imagen hasta ahora es en el formato VR, no existe razón más que la económica para no integrarla como herramienta educativa tanto, como ha ocurrido con los proyectores en las aulas.

Lo que se ha denominado ya como aprendizaje experiencial o en primera persona, cuando se trata de contenidos inmersivos, juega un papel importante en la educación patrimonial, al brindar nuevas oportunidades a los visitantes de los centros culturales y patrimoniales, por su capacidad de mostrar entornos virtuales y digitales que complementan la visita, potenciando su capacidad expositiva y didáctica. Esto puede también trasladarse con fines educativos a patrimonios naturales, museos, casas-museo, inmuebles de difícil acceso, yacimientos arqueológicos y sitios de interés etnológicos, con la ventaja de ser un medio no invasivo que permite acercar tanto el patrimonio cultural como el natural a colectivos que están excluidos por problemas de salud, físicos o psíquicos (Serrano Alegre, Hernández Ríos, Álvarez Rodríguez, 2017).

El aprendizaje experiencial termina siendo una vía para la economía en la educación que, a través de la tecnología de VR, independientemente de las causas por las que una persona no pueda ser trasladada para un aprendizaje a un lugar, esta vía ofrece la experiencia en primera persona y sin fronteras. Tiene la ventaja de que no importa el nivel de la distancia, una vez que se obtiene el contenido de VR, lo mismo se puede brindar una experiencia en El Perú, en Egipto,

Rusia o Australia, la distancia deja de ser un impedimento para conocer, aprender y entender entornos ajenos al propio, todo usuario de la VR se puede convertir en un viajero que aprende mientras viaja, que visita museos, conoce ciudades y patrimonios históricos de la humanidad.

El estudio de la VR como herramienta para despertar vocaciones científicas y romper las fronteras del aprendizaje experiencial, los resultados cualitativos de esta tesis revelan que la VR tiene una influencia positiva como herramienta para despertar el interés por la ciencia y vocaciones científicas, significativamente mejor (0.034) que cuando la información se presenta en audiovisual tradicional. Esto también lo confirman los antecedentes de investigaciones previas que afirman la eficacia de los contenidos en VR para educación en la ciencia, en la divulgación científica y del patrimonio cultural, con la posibilidad de ser divulgados vía internet, a través de los recientes repositorios de modelos 3D que permiten su visualización interactiva y ágil desde cualquier computadora o dispositivo móvil de forma totalmente inmersiva y traspasando las fronteras (Cabezos Bernal y Rossi, 2017). Incluso, en México, el primer uso que se le dio a la VR por la UNAM desde 2004 fue para la divulgación científica, lo que implica que, tiene un recorrido importante en la aceptación social como herramienta para la divulgación científica, de no haber sido así no continuaría operando el laboratorio Ixtly.

La visualización inmersiva de datos científicos conduce a una mejor percepción, una comprensión más intuitiva y una mejor retención, a diferencia de los datos convencionales de escritorio (Donalek, et al, 2014). Su trascendencia radica en la resolución de problemas complejos de la sociedad con la participación transectorial y la ciencia basada en equipos, en la universalidad, en la hibridación y la contextualidad (Thompson Klein, 2015). El usuario de una VR no es un simple espectador de los datos, funge como un testigo de la información y aunque ésta siempre será necesaria, acompañada con la imagen en VR, tiene la posibilidad no solo de elevar el nivel de comprensión del tema y de retener más información, sino que, también motiva al usuario para que continúe investigando sobre el tema que se le proporcione, gestiona el autoaprendizaje.

Por otra parte, los resultados cualitativos de esta tesis describen a la VR como una herramienta de aprendizaje lúdico que incrementa la motivación en el usuario: el 30% de los sujetos participantes calificaron la herramienta como una experiencia de aprendizaje divertido e innovador, en tanto que los usuarios del contenido tradicional solo el 6% expresó las mismas o similares palabras para describir la experiencia. Ofertar una metodología de aprendizaje con herramientas lúdicas, resulta especialmente relevante para aquellos cursos o áreas del conocimiento de bajo nivel de aceptación por las comunidades estudiantiles, las cuales, seguramente en cada universidad están bien identificadas en sus registros de evaluación, por sus niveles reprobatorios, o incluso en las evaluaciones de profesores. Lo anterior supondría que, en una escuela de ingeniería, las materias de humanidades, como ética, ciudadanía y otras, serían las de menor aceptación, mientras que, en una institución de humanidades, las clases de ciencias exactas obligadas en el currículo académico, serían las consideradas las del menor nivel de motivación para los estudiantes, por lo que, ofrecer la tecnología inmersiva en estos casos, podría solventar el bajo interés de los estudiantes.

Existen antecedentes que afirman ya la dimensión motivacional y lúdica a los contenidos virtuales inmersivos que se usan fuera de los reglamentos docentes, actualmente situados fuera de las regulaciones administrativas pero susceptibles de convertirse en fórmulas exitosas de aprendizaje (Fombona, Pascual-Sevillano y González-Videgaray, 2017), en tanto que otros estudios afirman que las tecnologías en general juegan un papel importante en la apropiación social del conocimiento. Una de las vías más importante son los contenidos inmersivos que tienen la capacidad de conjuntar el entretenimiento con la educación, lo que se conoce como “edutainment” (Ruiz Torres, 2011). Sin importar la edad del sujeto participante en los estudios, describen la experiencia de recibir información en VR como motivadora (Escartín, 2000) un dato que se confirma con el estudio realizado para la presente tesis.

Esta es una razón suficiente para considerar integrarlas como herramienta educativa, como se hizo en su momento con los proyectores y se recurrió a la proyección de imágenes y videos con fines de enseñar, o como se recurre ahora a los ya popularizados tutoriales para

entender casi cualquier tema, sin límite de fronteras, ahora los estudiantes toman la explicación de algún profesor de cualquier otra universidad del mundo cuando éste las comparte en la red, ahora la limitante y solo en algunos casos, es el idioma. Ante lo anterior, nace la propuesta de generar vías que permitan acceder a las herramientas de VR, a través de la innovación social. Se trata de una innovación no orientada al mercado sino para transmitir conocimiento a través de la tecnología, la cual genera indicadores económicos y de aceptación social y de ellas eventualmente surgen empresas y mercados (Echeverría, 2008), pero resaltando que su fin principal, sería, transmitir conocimiento.

Esta propuesta no surge de una ocurrencia, pues ya hay casos en el sector académico, donde ha contribuido de forma importante y ha traspasado aulas alcanzando así la apropiación social del conocimiento. Uno de los casos fue el sistema de VR para la difusión cultural y a su vez turística de la zona arqueológica de Teotihuacán, (Zúñiga Ortega, et al, 2014), pues este sitio no solo represente una atracción de turismo, sino que contiene un bagaje histórico y cultural del que en México está incluso en los contenidos didácticos obligatorios de la educación básica. Este caso ocurrió a través de una aplicación con la cual se logró obtener ingresos enseñando, educando en el patrimonio cultural y arqueológico. Aunque la presente propuesta versa en torno a la educación, dentro y fuera del aula, el contenido en VR, debe iniciar dentro de una institución educativa que avale la información de los contenidos en VR y que, puede resultar atractiva y confiable para la sociedad civil dispuesta a pagar ese conocimiento lúdico. Esta es una vía para convertirlo en un proyecto sostenible que consiga llegar a la apropiación social del conocimiento. Que acceder a los contenidos en VR tengan un costo de recuperación para la sociedad civil, daría la posibilidad de tener un espacio con el mantenimiento adecuado dentro de una universidad o institución educativa.

Los resultados de esta tesis, que evalúan el nivel de utilidad de la tecnología VR en comparación con la imagen y video tradicional, dependiendo del nivel de estudios del sujeto participante, revelan que en general, no existe una diferencia estadísticamente significativa (0.641). Sin embargo, los estudiantes irregulares, que llevan materias de varios semestres

(reprobados o atrasados) sí presentan datos que infieren que particularmente en ellos la VR puede ser una herramienta útil, así como en los que cursan el cuarto año de la universidad. Los resultados sugieren que si se realizara un estudio específicamente con estudiantes irregulares podría resultar que la VR sea una vía útil para este grupo de la población, ya que, en esta tesis, de los 302 sujetos participantes en el cuasi-experimento solo el 2.6% de los participantes corresponden a estudiantes irregulares y presenten un ligero incremento en la comprensión del tema proporcionado, cuando la información se les presenta en VR.

Los resultados varíen y nos proporcionen más información si aumentamos el número de participantes, exclusivamente entre quienes han reprobado. Información especialmente útil para países donde el índice de deserción escolar y de reprobación es alto. Lo anterior, también se fundamentado en los antecedentes que hablan de la eficacia de la VR para la educación especial y con la cual han nacido programas educativos con este fin, como es el caso de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), que en el marco del Programa de Incentivos donde se lleva a cabo el proyecto de Recursos para el Empoderamiento de Formadores en TIC, Ciencias y Ambiente (REFORTICCA). Esta institución tiene entre su oferta educativa la línea de investigación de VR, RA y la Interacción Tangible (IT) como herramientas que pueden apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje en los diferentes niveles educativos de la educación formal, no formal y para educación especial (Abásolo et al., 2017).

Existen evidencias de que la VR ha sido útil para personas con discapacidad intelectual, como Síndrome de Down, no es infundado hipotetizar en que pueda ser útil para casos más sencillos, como personas sanas que solo se les ha dificultado por distintas circunstancias, entender algún tema, curso y área específica del conocimiento y que, les ha resultado en una reprobación. En personas con discapacidad intelectual, se ha conseguido que obtengan mayor autonomía e independencia en la vida cotidiana, herramienta que les facilita sus relaciones con los demás, solventar problemas de socialización, gracias a la fusión de la enseñanza basada en el juego (Bhagat, Liou y Chang, 2016; Martín Sabarís y Brossy Scaringi, 2017; De Prado, 2018).

Otra de las razones que existen para inferir que la VR podría convertirse en una vía de apoyo para los estudiantes irregulares, es el éxito que ha tenido para enseñar temas de química, donde ya se han proporcionado a los estudiantes entornos tridimensionales con un alto nivel de acercamiento a la realidad, la posibilidad incluso de hacer el contenido interactivo con el fin de brindar una experiencia de aprendizaje que facilite la comprensión. En esa misma búsqueda se han registrado logros que les ha permitido aprender más rápido e incrementar la motivación, el pensamiento de forma esquemática, necesaria para la geometría molecular que siempre ha sido el desafío del aprendizaje de la química. El mundo microscópico (átomos, moléculas, estructuras) la VR ha facilitado el trabajo del docente (Saritas, 2015), el reto ha sido el costo para montar el laboratorio, ya que sigue siendo alto, razón por lo que su uso aún es limitado. Derivado de lo anterior, podemos destacar que otro de los resultados que arroja el estudio cualitativo de la presente tesis es la descripción que dan los sujetos participantes a la VR, como una herramienta didáctica eficaz para aprender, con un 30% más frecuencia que los calificativos que se le dieron a los contenidos visuales y audiovisuales tradicionales.

Algunos antecedentes entorno a este resultado, es un estudio realizado entre estudiantes de ingeniería que además de encontrarla eficiente para aprender, ha sido una vía de motivación para los alumnos que han participado en proyectos con compañeros con ubicaciones geográficas en distintas (Gasca-Hurtado, et al, 2015) mientras que, otros estudios realizados entre estudiantes de Taiwán revelan que la VR incrementa el rendimiento, el aprendizaje y la motivación (Bhagat, Liou y Chang, 2016). La información cualitativa recogida por los 19 observadores de los 19 grupos participantes registra que los usuarios de la VR manifestaron comentarios positivos mientras duró la intervención. Durante la visualización de los contenidos algunos sujetos participantes intentaron tocar, lo que demostró la alta capacidad de inmersión de la herramienta, hubo expresiones como “sentí que estuve ahí” lo cual confirma que la tecnología los saca de la cotidianidad, lo cual se convierte en un estimulante.

Uno de los grupos participantes en el cual el tiempo de la demostración en VR se agotó, los estudiantes tuvieron la paciencia para esperar su turno y usar los lentes, aun y cuando esto

implicó que debían llegar tarde a su siguiente clase se quedaron a esperar, expresando sorpresa ante la posibilidad de que se pudieran usar estos contenidos para clases de cualquier materia. Adicionalmente, durante la observación participante, se registró una alta manifestación de relajación en 15 de los 19 grupos participantes; en 17 de los 19 grupos se documentaron datos de expresiones de emociones positivas; en 11 de los 19 grupos los participantes hicieron preguntas, se interesaron y en 16 de los 19 grupos, se registraron risas. Esto, realizado en grupos controlados dentro de instituciones universitarias en entornos cien por ciento académicos, pero que vale destacar los antecedentes de otros estudios que refieren el incremento del interés en la enseñanza-aprendizaje que puede proporcionar la presencia de la VR no necesariamente entre una población académica o estudiantil ya que tiene presencia como vía de comunicación y en museos virtuales y parques arqueológicos.

Esto es posible ante la posibilidad de la reconstrucción virtual que se puede hacer combinando la RA y VR generando así caminos bidireccionales y democráticos accesibles e inclusivos, permitiendo la participación social con el patrimonio, superando barreras, pues proporciona mayor accesibilidad al patrimonio y a la historia especialmente a personas con problemas de salud que les impidan la movilidad total o parcial (Delgado Anés y Romero Pellitero, 2017). En el estudio de la presente tesis, se encontró que el 30% de los usuarios manifestaron que con los contenidos aprendieron divirtiéndose, mientras que, quienes recibieron los mismos contenidos, pero en un formato de imagen tradicional solo el 6 % expresó que se divirtió mientras aprendía, lo cual significa que, de las tecnologías audiovisuales disponibles para el aprendizaje lúdico, la VR es una de las más innovadoras, resultado con el cual concuerdan otros autores.

Barinaga, Moreno y Newball (2017) destacan que, una de las mayores virtudes de la tecnología inmersiva es que es una vía menos invasiva al servicio de los museos, espacios que enfrentan el reto de crear un “ecosistema digital” empático con los visitantes para que hagan suyos los contenidos. Estos autores hablan de humanizar la tecnología y darle una accesibilidad universal y que, al integrar los videojuegos para simular experiencias logran el aprendizaje lúdico. Sin duda, los alcances de la VR al servicio de museos son inimaginables, donde el usuario se

convierte en un viajero digital sin fronteras, lo cual pondría al alcance de cualquier persona que se acerque a ellos, el conocimiento que probablemente por siglos estuvo al alcance de una clase privilegiada, ahora puede ser posible a través de esta tecnología.

Tener la experiencia de una visita al Museo de Historia Natural de Londres, en el Museo Nacional Smithsonian de Historia Natural de Washington, el museo del Prado de Madrid, el Museo Louvre de París, el Museo Hermitage de San Petersburgo, el Museo Nacional de Irak o la Galería de Arte Brera, Milán, en 2020, entre otros, se hizo posible ante la contingencia sanitaria provocada por el COVID-19 y que, obligó al mundo a permanecer aislados sin contacto social alguno. Las administraciones de algunos de los museos más importantes del mundo optaron por ofrecer recorridos virtuales con opción de imágenes en 360 grados, algunos en formato de VR para vivir la experiencia inmersiva y otros con galerías fotográficas de imágenes tradicionales, ante la necesidad de permanecer en aislamiento. Algunas revistas como la de Educación 3.0, publicaron condensados de los museos que ofrecieron este servicio, algunos con acceso gratuito otros con algún costo menor a la visita presencial. México no fue la excepción, también se abrieron espacios en la red, para conocer algunos de los museos más importantes del país, como el Palacio de Bellas Artes que subió imágenes para la experiencia inmersiva de este lugar a su página oficial del Instituto Nacional de Bellas Artes, el Museo de Arte Contemporáneo, el Museo Frida Kahlo, entre otros, que igualmente, algunas revistas de turismo se encargaron de hacer condensados con sus respectivas ligas para las visitas virtuales de los más importantes del país, como la revista virtual “Dónde ir”. Esto dejó en evidencia que, las tecnologías inmersivas son una opción viable para cuando por diversas circunstancias no se pueda hacer una visita real, las cuales han demostrado un muy buen nivel de aceptación, y para muchas personas, fue una oportunidad de conocer museos que de otra forma no lo habrían hecho.

Massis (2015) resalta otras ventajas de esta tecnología, como los espacios físicos, debido a que, para un acceso virtual al patrimonio cultural o natural, arqueológico o de cualquier otra área del conocimiento, no requieren de grandes espacios para un montaje museístico, lo cual indica una oportunidad para las bibliotecas, las cuales deben considerar el beneficio de

implementar el uso VR y RA para atraer a su audiencia, pues tienen el desafío de encontrar nuevas formas de diálogo con sus usuarios. La información ya disponible tanto en la Web como en las bibliotecas digitales, libros digitales y repositorios de universidades, tienen el poder de romper las fronteras del conocimiento, de reformar los medios por los que una persona hoy se educa, aprende o enseña, por este medio nace el autoaprendizaje. Sartori desde 1998 había dicho que internet es una biblioteca universal que entretiene, pero también educa con la imagen y el texto, pues quien busca conocimiento ahí lo encuentra, sostiene este autor. Sin embargo, son pocas las bibliotecas que ofertan contenidos en formato VR.

Como se había señalado anteriormente, en México, una de las instituciones que recientemente instauró una base de datos en VR y RA es el ITESM en ocho bibliotecas del país y aunque el hecho está en una etapa muy temprana del que aún no es posible conocer los resultados, es innegable la innovación que representa frente a los formatos tradicionales que se han presentado históricamente en espacios bibliotecarios, aunado a que, como una acción voluntaria, los profesores disponen de contenidos para sus distintas materias. Ante una era donde el uso y creación de tecnologías va en incremento y es posible acceder a repositorios, bibliotecas digitales y hacer consultas desde cualquier parte del mundo, es necesario tener en cuenta la gran diversidad de formatos en los que ahora se presenta la información, especialmente cuando se trata de entender lo ajeno a nuestra área del conocimiento.

Una de las grandes aportaciones de la VR es que nos brinda la posibilidad de hacernos viajar al pasado, sumergirnos de manera inmersiva en una historia reciente o no, relevante para la enseñanza del arte antiguo y la arqueología como se ha hecho en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid, España, con visitas en VR a Éfeso y Atenas; y aunque esta tecnología todavía requiere perfeccionamientos, promete grandes aportes a la educación en un corto plazo (Valtierra Lacalle, 2018). La contingencia sanitaria vivida en el mundo en el 2020, ha demostrado que la VR es una herramienta capaz de poner al alcance del mundo los museos de cualquier país sin tener que trasladarse a ellos físicamente, haciendo del visitante un sujeto activo, algo que diversos autores habían previsto dos años atrás (Zúñiga Ortega, et al, 2014; Aznar-Díaz, Romero-

Rodríguez y Rodríguez–García, 2018; Rivero y Feliu, 2018), pues este formato le proporciona al usuario, una forma de autoaprendizaje a través de una experiencia que de otro modo no estaría a su alcance. En este contexto, estudiantes o sociedad civil que se les imposibilita viajar por distintas razones, principalmente por condiciones de pobreza, pueden ahora conocer por esta vía, los sitios más importantes de su país, empezando por la capital, los museos más representativos, la diversidad natural y cultural, el patrimonio histórico propio y de otros países.

La VR brinda la posibilidad a los museos virtuales de romper fronteras; una de las primeras experiencias fue el caso de Google Art and Culture y Museum Box, que previo a la pandemia 2020, subió contenidos tridimensionales e información de sitios de importancia histórica, de explicaciones físicas, químicas, fisiológicas y de cómo funciona el universo. Sin embargo, se usaron desde enfoques formales e informales de la educación, con intervenciones curriculares y extracurriculares, por vías convencionales y no convencionales en contextos de aprendizaje híbridos, flexibles y creativos (Melgar, Danolo y Elisondo, 2018).

Entre las herramientas más tradicionales para hacer llegar el conocimiento a la sociedad civil han sido los museos, mismos que hoy pueden ofertar contenidos digitales y en VR para aumentar el nivel de comprensión y la curiosidad intelectual en los visitantes, con ya un antecedente de efectividad, ofrecer una experiencia que hoy se le conoce como “en primera persona”. Una de las referencias desde el 2017 es el Museo Palazzo Ducale de Venecia, Italia, que fusiona la gestión del patrimonio cultural, el mercadeo, el conocimiento y el entretenimiento (Izzo, 2017).

Para masificar la introducción de las tecnologías inmersivas en las universidades, por los antecedentes antes citados, lo más probable es que ocurra dentro de proyectos educativos informales y conforme se vaya logrando, se convierta en herramientas didácticas tan integradas como ocurrió con los libros digitales que hoy, son tan aceptados y utilizados como los impresos. La VR da la posibilidad de llevar el museo a la biblioteca digital, cuyo origen es de una cultura profesional compartida, conocimiento internacionalizado al alcance de todos, sin negar que, en la era digital la propiedad intelectual es el contenido principal del comercio mundial y, por ende,

nace la necesidad de que se diseñe una regulación internacionalizada consensuada entre países (Lyman, 2017). La forma en que hasta hoy se controla el acceso a contenidos inmersivos, son los costos, muy similar a como se hace con la descarga de una película original.

Ante la posibilidad de la masificación globalizada de contenidos de este tipo, se señala que la nueva gestión pública va hacia un modo de gobernanza en red que requiere políticas de información que persistan en el tiempo y que estén diseñadas para aumentar la colaboración entre actores públicos y privados, la distribución del conocimiento demanda estas modificaciones operacionales (Scupola y Zanfei, 2016). La importancia del manejo de dichos contenidos en Internet es tal que incluso han nacido líneas de investigación científica, métodos y modelos de investigación basados exclusivamente en información albergada en internet que se presta para hacer análisis, inicialmente del interés de mercados y consumo pero que, las técnicas evolucionaron a otros fines como el académico, el científico, especialmente para el área cualitativa donde se habla incluso de técnicas de “observación digital o en redes sociales”.

En la biblioteca digital se reconoce la producción científica basada en datos y que cada vez más presenta nuevos desafíos, pues la demanda del usuario implica el acceso basado en contenido a nuevos tipos de documentos, la búsqueda visual y la exploración de entornos de información, hacer que los datos de investigación estén disponibles públicamente a través de estos enfoques interdisciplinarios, que contribuyan a la investigación digital (Bernard et al. 2015). Las tecnologías inmersivas abren cierran la brecha del conocimiento entre países, al hacer posible la existencia del “viajero digital”, pero que, se debe tener en cuenta que, ante dichas innovaciones, también surgen nuevas necesidades de regulación de uso de contenidos, no solo de producción de éstos. El estudio de temas como la ética de los alcances de esta tecnología que no sólo está disponible para enseñar y aprender, para divulgar ciencia, o para trasladar los museos de manera virtual a cualquier país, sino que, deberá generar normas de cómo, qué, quién, dónde y cuándo utilizar esta vía para el conocimiento (Figura 59).

Figura 59. Resumen de propuesta de laboratorio de VR para alcanzar apropiación social del conocimiento



Fuente: Realización propia

De forma reciente, han surgido usos de la VR con fines terapéuticos como herramienta para tratamientos ante problemas psicológicos en el acompañamiento de duelo, para atender la pérdida de un ser querido (Fernández, 2019). Ante esto, el movimiento de la psicología basada en la evidencia ha generado protocolos de tratamientos. Dicho movimiento ha llegado a un punto tan álgido que se estudia ya el papel que ha desempeñado en este tipo de tratamientos la VR (León, García y Fernández, 2018). También demanda un análisis ético, no solo del proceso de la terapia utilizando escenarios ficticios con los pacientes que buscan un proceso de aceptación de la pérdida, de una forma aparentemente más amigable y que, cae en la construcción de escenarios ficticios haciendo uso de personas reales ya muertas. Otras formas de acción de la VR suceden por ejemplo, cuando el psicólogo que utiliza la VR para que sus pacientes vivan el proceso del duelo, no solo tiene la obligación de seguir protocolos ya existentes de ética para esta área de estudio, sino que debe propiciar el debate y análisis sobre la necesidad de crear nuevos protocolos, ante el uso de una tecnología tan reciente que demanda la creación de nuevos

protocolos consensuados con grupos de expertos de la psicología, psiquiatría, filosofía, humanidades y ciencias sociales, pues estos tratamientos son apenas los primeros pasos experimentales en el área psicológica.

En cuanto al papel del docente en el uso de la RV, el resultado del estudio cualitativo en esta tesis revela el interés que despertó la herramienta de VR no sólo entre los estudiantes participantes, sino también entre profesores y directivos de las instituciones, herramienta que en 18 de los 19 profesores participantes como observadores manifestaron que nunca la habían utilizado y que no la conocían. En el caso de los estudiantes, el atractivo para la asistencia a la conferencia y participación en el cuasi-experimento fue el saber que después de la conferencia incluía una demostración en VR e incluso fue la motivación para su asistencia, en tanto que, en los profesores, ocurrió a la inversa, el contenido de la conferencia, el tema, fue la motivación para interesarse en conocer el formato inmersivo, ante la posibilidad de poder usarlo para sus respectivas cátedras. En ambos casos, tanto a estudiantes como a profesores, posterior a usar la VR, les despertó el interés tanto por la ciencia como por la tecnología de VR, según quedó asentado en la observación.

Objetivamente, suele considerarse que el primer entorno para generar cultura científica sucede en las universidades, por lo que se vuelve fundamental que los docentes indaguen en los motivos de los estudiantes sobre su deseo de aprender y así determinar la manera de cómo se conseguirán definir los procesos adecuados de enseñanza. Se considera que la intervención del docente es fundamental para incrementar la motivación y el aprendizaje académico de los estudiantes (Silveira Torregrosa y Moreno Murcia, 2015). Sin embargo, para lograrlo, el primero que necesita estar motivado es el docente, pues existe una estrecha relación entre el estilo motivacional del profesor con el de sus alumnos, así como con los tipos de compromiso hacia su aprendizaje (Ferreyra Díaz, 2017) y la VR, logra motivar a ambos es una vía para lograrlo.

En relación con lo anterior, la literatura consultada revela que en el área médica los profesores están frecuentemente familiarizados con lo que se popularizó como “simuladores” en VR. Sin embargo, aún en esta área donde es más frecuente el uso de contenidos para la

enseñanza- aprendizaje, sigue presente la necesidad de formar al profesorado en el manejo del simulador debido a que el uso de la tecnología de vanguardia entre los docentes decrece a medida que su edad aumenta, lo revela un estudio realizado entre profesores la Universidad Europea (Coro Montanet, Gómez Sánchez y Suárez García, 2017).

En contraste, otros hallazgos encierran a la VR como herramienta para mejorar las habilidades del estudiante-maestro logrando incrementar su autoeficacia, su innovación, creatividad y a enfrentar desafíos emocionales e intelectuales (Nissim y Weissblueth, 2017) pero incluso, ser un profesor joven no garantiza la disposición del profesional de la enseñanza en usar la herramienta de VR con sus estudiantes. Según se demostró en una investigación hecha entre candidatos a docentes de primaria, profesores jóvenes que pudieron experimentar que la VR proporciona experiencias de aprendizaje únicas que fomentan el descubrimiento, la resolución de problemas, pero, existe una brecha entre las experiencias de aprendizaje y las prácticas para la enseñanza (Bahng y Lee, 2017). Esto significa que los profesores usaron la plataforma como aprendices, pero no generaron sus propios contenidos para enseñar.

A pesar de contar con el equipamiento y conocimientos para hacerlo, ninguno de los participantes optó por aprovechar la tecnología para producir sus contenidos didácticos ya que se les dejó como una acción voluntaria, por lo que, se deduce que el trabajo de producir contenidos en un formato nuevo, por innovador y bueno que éste sea, si queda en una acción voluntaria, difícilmente un profesor decidirá incluirlo puesto que le representa más trabajo. Aunado a dicha cusa, si al profesor tampoco le remunera en su salario dedicarle tiempo a producir contenidos inmersivos, se debe tomar en cuenta que será otra razón para que su interés en incluir como material didáctico a la VR se reduzca aún más.

Los antecedentes confirman que, como aprendiz, como estudiante, la herramienta de VR es útil sin importar la edad, los usuarios disfrutaron el trabajo en este formato, tanto estudiantes como profesores lo describen como experiencias extremadamente motivadoras, incluso se registra tolerancia a las limitaciones que esta tecnología pueda presentar (Escartín, 2000). Por lo anterior, al menos al intentar introducir el formato inmersivo a las instituciones educativas, el

esfuerzo debe dirigirse a la generación de contenidos y proporcionarles a los docentes las facilidades de que materiales didácticos estén disponibles, evaluar en qué medida el profesor estaría dispuesto a usarlo si ya está producido acorde a sus necesidades temáticas.

Si un docente sólo debe integrar contenidos en VR a su lista de herramientas pedagógicas, será más probable que haga uso de ellas, en tanto no existan profesores dispuestos a generar sus propios contenidos. Actualmente, el aprovechamiento de la tecnología de VR se está realizando por empresas privadas que han encontrado la oportunidad de crear libros didácticos como "Aumentaty" y han desarrollado software como el realitat3 para la docencia, donde el alumno puede crear y visualizar modelos 3D y manipularlos (Prendes Espinosa, 2015) aunque la oferta de este tipo de recursos es aún escasa.

Para las universidades ubicadas en zonas rurales donde se genera el mayor impacto con el uso de la VR, como lo reveló el presente estudio, podría en primera instancia no estar a su alcance pagar a terceros para poder generar contenidos inmersivos concretos y podría no haber en sus lugares de origen empresas que lo hagan por lo que, la alternativa sería que los profesores pudieran producir sus contenidos en VR, pero considerando la necesidad de ofrecer alguna vía compensatoria por parte de la institución para el docente que lo haga, quizá dentro de proyectos y programas de innovación.

Los resultados cuantitativos de la presente investigación arrojan que no existe diferencia significativa en el aprovechamiento de la tecnología de VR dependiendo de la edad del sujeto participante. Sin embargo, la edad promedio de quienes participaron en el presente estudio es de 20.2 años, por lo que no tenemos información suficiente para determinar que la edad no es importante en el impacto que ésta pueda tener en quienes reciben la información. Antecedentes que refieren que la edad no es un factor determinante para estar dispuesto a usar o no los contenidos de VR para fines de aprendizaje, pero que sí influye la edad en la disposición para fines de enseñanza. Es decir, sin importar la edad, la VR tiene alto nivel de aceptación para aprender con ella, pero no para enseñar, ya que no todos los profesores están dispuestos a hacer uso de ella ante la demanda de nuevos aprendizajes para hacerlo.

La tecnología inmersiva brinda la oportunidad para entornos educativos formales y no formales, denominado también “aprendizaje en la nube”, (*cloud learning* y *c-learning*) que permite un aprendizaje multi-organizacional entre países, en el cual se fomentan los grupos de estudio multidisciplinares, multiculturales, multilingüísticos e internacionalizados, donde el profesor asume el rol de “gerente de educación comunitaria” (Marcos Recio y Alcolado Santos, 2014). Aquí el docente se convierte en una guía, un mediador del aprendizaje puesto que, al ser un contenido disponible en alguna plataforma electrónica, quien lo quiera usar, sea estudiante o no, sea dentro de un entorno de educación formal o informal, lo puede hacer sin la necesaria presencia de un profesor, convirtiéndose así, en una herramienta de autoaprendizaje.

Esta es una gran oportunidad para que las universidades ubicadas en entornos rurales eleven su nivel de calidad, de motivación para los estudiantes, para tener un acercamiento con la sociedad, incluso, como una herramienta de promoción de la educación. A medida que el hardware se vuelve más confiable y el software más accesible, los sistemas de VR se vuelven más fáciles de operar, y aunque aún es una tecnología poco usual para el profesorado, eventualmente en un mediano plazo podrá llegar a la sociedad civil como herramienta de autoaprendizaje, como ocurre ya con la circulación frecuente de videos tradicionales a través de redes sociales como WhatsApp, Facebook y otras.

Hasta ahora, para la producción de contenidos de VR se involucran personas de diferentes habilidades y disciplinas, como es el caso de New Holland, un fabricante metalmecánico especializado en la industria agrícola y de maquinaria pesada de trabajo, donde profesionales de ingeniería, marketing y diseño industrial se reúnen en el laboratorio de VR para la toma de decisiones en el diseño de productos (Berg y Vance, 2017). Estos son casos que prevén el nivel de satisfacción de sus clientes, que logran un ahorro en prototipos y de quienes se pueden tomar modelos de trabajo, pues si en algún sitio se hayan grandes equipos interdisciplinares es en las universidades, a través de las denominadas académicas, grupos por la línea de investigación, por carrera, por institutos o facultades, donde se hayan grandes grupos de profesionales de diferentes áreas del conocimiento.

La marca Samsung ocupa un lugar importante en la masificación de la herramienta de VR que la sociedad identifica más como un juguete o moda pasajera, pero que en un mediano o corto plazo potenciarán el ámbito pedagógico (Urquiza Mendoza, et al, 2016), pues cuando una herramienta tecnológica se vuelve común, incluso de moda, es más posible que la sociedad se apropie de ella para diferentes fines. Así ha ocurrido con otras tecnologías se fueron inventadas para algo muy específico y terminaron siendo utilizadas para múltiples propósitos. El Facebook, YouTube y el WhatsApp, son redes que se fundaron con un fin de socialización y que ahora profesores usado como herramientas pedagógicas, otros grupos las usan para fines comerciales, incluso, se han convertido en potenciales herramientas de investigación policial.

Como ha ocurrido con estas redes en la educación, existe la posibilidad de que la VR se popularice como una técnica de aprendizaje experiencial o en primera persona, la cual se obtiene cuando el usuario se sitúa en medio de la acción y es partícipe de lo que ocurre a su alrededor en el mundo virtual, siente que estuvo ahí, que lo vivió, que lo vio. Podría ocurrir con la tecnología en VR en un mediano o largo plazo lo mismo que sucedió con el proyector, que en algún momento era un producto fuera del alcance de muchas instituciones educativas y pronto pasó a ser parte natural de un inventario dentro de la infraestructura de las aulas en entornos educativos.

Los medios digitales como las redes sociales, la VR y los videojuegos, representan cambios y una oportunidad de mejora, traen un aporte para la transformación de la cultura docente que traspasa las aulas (D Pablos Pons, 2018), pero mientras que el profesor no incluya esta opción de enseñanza, seguirá subutilizada porque hasta hoy son insuficientes los proyectos direccionados a la participación de los docentes en la inclusión de procesos inmersivos de enseñanza (De Antonio Jiménez et al., 2000; González y Chávez, 2011). Las tecnologías de la información y la comunicación han estado presentes en todos los momentos importantes de programas educativos que se han actualizado en sus métodos de enseñanza, hasta llegar a una educación mediada por las tecnologías de la información y comunicación (De Zubiría et al., 2008). Hoy, al menos en entornos educativos urbanos, la educación es inimaginable sin el de contenidos de internet.

La virtualización trasciende la digitalización de las prácticas escolares, los entornos de aprendizaje físicos y digitales funcionan con la mediación de las tecnologías de la comunicación y se da el aprendizaje autónomo y personalizado (Núñez, 2016). Las universidades dejaron de ser las poseedoras de la información que debe llegar a los sujetos en formación, la institución pasó a ser quien formaliza los programas de aquello que el alumno debe aprender, pero no es la única vía por la que el estudiante lo logra. El docente es el mentor que guía el aprendizaje que puede o no, estar en el aula, y el estudiante aprende en y con la escuela y por cuenta propia a través de las plataformas disponibles, por contenidos didácticos producidos en cualquier parte del mundo, pues ahora es posible acceder a contenidos de otros profesores en de otras universidades de otros continentes.

El amplio éxito del libro de Sherman y Craig, (2018) *Understanding virtual reality: Interface, application, and design* es una de las evidencias del interés por entender, identificar y aprovechar la VR. Las herramientas de gestión del autoaprendizaje, como la VR, son un gran abanico de posibilidad para conseguir una apropiación social del conocimiento, que éste no sólo llegue a las personas a través de la universidad, sino que la sociedad civil tenga acceso a él, en un formato sencillo, visual, lúdico y atractivo a través de las cuales, se puede educar a una sociedad en rubros específicos como el patrimonio cultural y natural.

Entre las recientes evidencias de que esto es posible, se pueden señalar el proyecto de RA para la educación del patrimonio territorial de la ciudad de Salamanca, España, que, en un amplio espacio físico con 72 hitos patrimoniales relevantes dentro del casco histórico de la ciudad, con la cual se proporcionó información temática que se agrupó en un solo modelo en movilidad y portabilidad y se encontró que la personalización de los contenidos (Joo Nagata, García-Bermejo Giner y Martínez Abad, 2015). Esto permitió una mejora en los procesos de aprendizaje, contextualizándolos a los contenidos y la identidad cultural local, derivado de ello, se creó otra aplicación para Santiago de Chile: el desarrollo del software flexible en un ambiente móvil que permitió la presentación de contenidos sobre el patrimonio histórico a estudiantes, además de la incorporación en contextos *m-Learning* y *e-Learning* (Joo Nagata, García-Bermejo Giner y

Martínez Abad, 2017). Lo anterior es una prueba de cómo a través de la VR se pueden cumplir objetivos de educación no solo exitosos entre estudiantes, sino también, entre la sociedad civil, el formato inmersivo cumple el propósito de llevar información a la sociedad civil, de forma atractiva y útil.

Otro caso es en Ecuador, donde se desarrolló una aplicación similar para dispositivos móviles con el fin de mostrar al usuario la información de mayor relevancia de los edificios patrimoniales del centro Histórico de Quito, y de esa manera ayudar a promover el turismo en la Capital (Simbaña Jaya, 2015), cuya herramienta también educa en historia. Por casos como el anterior, en educación patrimonial, el objetivo es que los proyectos de VR sean útiles dentro y fuera del aula, en educación formal e informal ya que, si la información está abierta a cualquier usuario en temas como la arqueología con reconstrucciones y recreaciones virtuales en VR y RA como herramientas de interpretación del patrimonio para uso didáctico.

Los proyectos existentes de tecnología inmersiva buscan mejorar la percepción a partir de entornos inmersivos y envolventes, de musealizaciones accesibles con dispositivos móviles utilizando códigos QR (Rivero y Feliu, 2018) a las cuales, se puede tener acceso con o sin costo, desde cualquier parte del mundo, convirtiéndose así, en una herramienta educativa que rompe fronteras. Un antecedente importante entorno a lo anterior, es el estudio realizado por el Centro de Investigación y Desarrollo en Arqueología Virtual de Andalucía y el Laboratorio de Investigación y Desarrollo Virtual de la Universidad de Sevilla, España, donde diseñaron un centro cultural en los alrededores de la ciudad de Sevilla dedicado al río Guadalquivir y su memoria, con un nuevo marco para infraestructuras culturales multifuncionales. Este diseño tuvo el objetivo de perpetuar y fortalecer el conocimiento del patrimonio cultural, añadiéndole nuevo valor didáctico a través de la museología del siglo XXI y las últimas tecnologías virtuales en 3D (Grande León, 2010).

En relación con producciones inmersivas para la educación en arqueología, en México se realizó una aplicación de técnicas de imagenología y el desarrollo de métodos computacionales para el análisis de los depósitos arqueológicos contenidos en ocho urnas cinerarias prehispánicas

descubiertas en el municipio de Huetamo, Michoacán, donde previo a la micro-excavación, se desarrollaron modelos digitales tridimensionales. Este caso, hoy se posicionan como una importante modelo y antecedente para la investigación y la conservación (Punzo Díaz et al, 2017). Los autores propusieron el diseño del sistema de excavación virtual como herramienta educativa en la formación de estudiantes de arqueología y antropología física, a fin de que tengan un entrenamiento controlado previo a sus prácticas de campo y con ello reducir el margen de error dentro de la excavación real.

Otra propuesta es un itinerario didáctico para el conocimiento del patrimonio histórico que desde la perspectiva del patrimonio cultural que se puede “valorar” gracias a “conocer”, la cual fue dirigida al patrimonio arqueológico e histórico de la Córdoba Romana, dirigida a estudiantes que al entender la realidad actual les permita sentirse parte de él (Molina Torres, 2018). Esta perspectiva de hacer contenidos virtuales inmersivos para conservar, valorar, motivar, dentro y fuera de entornos educativos, formales e informales, es sin duda, de los mejores aportes que pueden justificar la producción de libros, instructivos, tutoriales o cualquier material didáctico en VR.

Las conclusiones que se derivan de los resultados de esta tesis se puede afirmar que la tecnología de VR es una herramienta de aprendizaje lúdico que genera motivación dentro de entornos universitarios de áreas urbanas y rurales, dentro de instituciones públicas y privadas. Que la información presentada en este formato incrementa el nivel de interés por el tema tanto en estudiantes como en profesores y aumenta la curiosidad por saber más.

La VR es una tecnología que despierta vocaciones científicas e incrementa el interés por la ciencia, significativamente más que cuando para este fin, se utilizan otros medios como el audiovisual tradicional. La VR es una herramienta que incrementa el nivel de comprensión y retención de la información en entornos universitarios rurales, pero no en usuarios de universidades urbanas y es significativamente más útil para este fin, entre usuarios de universidades públicas. Por lo anterior, se confirma la hipótesis inicial de esta tesis: la imagen en VR sirve para transmitir conocimiento, incrementar la comprensión y retención de la información,

aunque se deber determinar en qué entornos sí es efectiva y en cuáles no, puesto que no se pueden generalizar sus beneficios, ya que los resultados indican la posibilidad de múltiples variaciones dependiendo del contexto de los usuarios.

También se confirma la hipótesis de que la tecnología inmersiva tiene influencia para despertar vocaciones científicas e incrementar el interés por la ciencia, cuando el usuario ve la información en este formato, le despierta la curiosidad intelectual, le nace la inquietud de investigar más sobre el tema proporcionado, de saber más. El nivel de credibilidad en el tema proporcionado no se ve modificado con la presencia de la VR como se plasmó en los supuestos de esta tesis. Los resultados arrojan que independientemente si está presente la VR o no, el nivel de credibilidad se mantiene igual, por lo que, no es el formato en el que se presenta la información con lo que se gana credibilidad, sino la claridad del contenido, por lo cual, esta hipótesis se rechaza.

De la presente investigación se concluye que la tecnología de VR es una herramienta que otorga experiencia “en primera persona”, “sentir como estar ahí”, cuyos antecedentes le denominan aprendizaje experiencial, por lo que, proporcionar imágenes en VR como material complementario a una cátedra dentro de las aulas educativas, presenta diferencias significativas contra los materiales audiovisuales tradicionales. Ante lo anterior, surge la necesidad de proporcionar los conocimientos necesarios para el desarrollo de contenidos inmersivos tanto a profesores como los involucrados en el diseño de los contenidos didácticos que, hasta hoy, están más en manos de empresas privadas que en las propias instituciones educativas.

El problema radica en que el profesor difícilmente estará dispuesto a incluir entre sus contenidos didácticos material de VR si no se le proporcionan ya producido, listos para usarse, por lo que, si una institución está interesada en incluirlos, deberá crear estímulos para que el docente no sólo se capacite en cómo producir sus propios contenidos, sino que en alguna forma le reditúe hacerlo, requerirá de alguna motivación para tener entre sus opciones de cátedra a la VR.

De acuerdo con los resultados de esta tesis, se puede inferir que la VR podría tener potencial como una herramienta para estudiantes que están en situación irregular, ya que ha tenido éxito en educación especial y en personas con discapacidad intelectual, incrementándoles distintas habilidades para la vida cotidiana y al ser una herramienta que motiva, podría también convertirse en una vía poderosa para los alumnos desmotivados por regularizarse.

Ante la gama de posibilidades que brinda la herramienta de VR ya antes citadas, se puede afirmar que también tiene potencial para transmitir conocimiento fuera de las aulas, en entornos no formales, siendo una tecnología de aprendizaje lúdico, puede tener efecto positivo para la educación patrimonial u otros contextos donde el objetivo sea hacer llegar información a la sociedad civil.

La VR, es una tecnología de autogestión del conocimiento, una oportunidad para las bibliotecas y museos que pueden ofertar contenidos multiculturales, multilingüísticos e internacionalizados con un aprendizaje experiencial, en primera persona, en espacios de aprendizaje con tecnología inmersiva motivando con la innovación, incrementando así la posibilidad de aumentar usuarios que buscan el aprendizaje lúdico. Esta clase de herramientas está destinadas a distintos grupos de edad, de diferentes áreas de estudios, sociedad civil y comunidad estudiantil. La VR es una tecnología con potencial para generar contenidos inclusivos, pues a través de ella, se puede acercar a personas con diversos tipos de discapacidad, a información, lugares y experiencias que de otro modo estarían impedidas para hacerlo como el patrimonio natural, arqueológico que en modelos tradicionales requieren del acercamiento físico. Por todo lo aquí asentado, se concluye que la VR es una tecnología apta para la apropiación social del conocimiento.

### Referencias

- Abásolo Guerrero, M. J., Sanz, C. V., Naiouf, M., De Giusti, A. E., Santos, G., Castro, M. L. y Bouciguez, M. J. (2017). Realidad aumentada, realidad virtual e interacción tangible para la educación. En *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación WICC 2017* (pp. 1312–1316). ITBA.
- Aguirre, C., Arboleda Castrillón, T., Cassiani, S., Daza Caicedo, S., Guivant, J., Hermelin Bravo, D., Hilgartner, S., Jassanof, S. y Lozano, M. (2011). *Ciencia, tecnología y democracia: reflexiones en torno a la apropiación social del conocimiento: Memorias del Foro-Taller de Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Foro nacional de apropiación social de la ciencia y la tecnología*. COLCIENCIAS.
- Amelotti, I., Hernández, M. L., Abrahan, L., Cavallo, M. J. y Catalá, S. (2016). Alfabetización científica en el ámbito preescolar: primeros conocimientos como herramientas para la promoción de la salud y la prevención de la enfermedad de Chagas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13, 192–203.
- Alcíbar, M. (2017). ¿Por qué la divulgación científica es la Cenicienta en el Reino de la ciencia..., y debería dejar de serlo? <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/ciencia-y-sociedad/98/posts/por-qu-la-divulgacin-cientifica-es-la-cenicienta-en-el-reinode-la-ciencia-y-debera-dejar-de-serlo-15173>
- Asorey, H., Núñez, L. A., Peña-Rodríguez, J., Salgado-Meza, P., Sierra-Porlta, D., y Suárez-Durán, M. (2017). *Proyecto RACIMO: desarrollo de una propuesta en torno a uso de las TIC, e-ciencia ciudadana, cambio climático y ciencia de datos*. Ponencia presentada en el Primer encuentro latinoamericano de e-Ciencia, San José Costa Rica, 1 al 3 de junio de 2017.
- Atuesta Venegas, M.R., Ceballos Moncada, A.F. y Gómez Alvis, R. (2016). Co-creación como metodología para la apropiación social de la ciencia y la tecnología (ASCYT) del recurso agua. Caso Urabá-Antioqueño-Colombia. *El Ágora USB*, 16(1) 277–286.
- Avendaño Porras, V, Rangel Ibarra, R. y Chao González, M. (2011). La enseñanza de las matemáticas en la realidad virtual. *Paakat. Revista de Tecnología y Sociedad*, 1(1), 1–28.

- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Argumented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Aznar-Díaz, I., Romero-Rodríguez, J.M., y Rodríguez-García, A.M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 256–274, doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
- Bahng, E., y Lee, M. (2017). Learning Experiences and Practices of Elementary Teacher Candidates on the Use of Emerging Technology: A Grounded Theory Approach. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(2), 225–241.
- Barona Vilar, J. (1998). Nuevos retos y perspectivas de la comunicación científica. *Quark: Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, 11, 44–52.
- Barinaga, B., Sánchez, I. M. y Newball, A. A. N. (2017). La narrativa hipermedia en el museo: el presente del futuro. *Obra Digital: Revista de Comunicación*, 12, 101–121.
- Bauer, M. & Jensen, P. (2011). The mobilization of scientists for public engagement. *Public Understanding of Science*, 20, 3–11.
- Belanguer Jané, M. (1999). La infografía aplicada al periodismo científico. *Chasqui: Revista Latinoamericana de Comunicación*, 66, 27–30. <http://www.riti.es/ojs2018/inicio/index.php/riti/article/view/155>
- Berg, L. P., y Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual Reality*, 21(1), 1–17.
- Bernard, J., Daberkow, D., Fellner, D., Fischer, K., Koepler, O., Kohlhammer, J. y Sens, I. (2015). Visinfo: a digital library system for time series research data based on exploratory search user-centered design approach. *International Journal on Digital Libraries*, 16(1), 37–59.
- Betancourt, M.C., Celaya Ramírez, R. y Ramírez Montoya M.S. (2014). Open educational practices and technology appropriation: the case of the Regional Open Latin American Community for Social and Educational Research (CLARISE). *Revista de Universidad y*

*Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 11(1), 4-17.

<http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v11i1.1794>

- Bhagat, K. K., Liou, W. K., y Chang, C. Y. (2016). A Cost-Effective Interactive 3D Virtual Reality System Applied to Military Live Firing Training. *Virtual Reality*, 20(2), 127-140.
- Biocca, F., y Delaney, B. (1995). Immersive virtual reality technology. En F. Biocca y M. R. Levy (Eds.), *LEA's communication series. Communication in the age of virtual reality* (pp. 57-124). Lawrence Erlbaum Associates.
- Bucchi, M. (2008). Of deficits, deviations and dialogues: Theories of public communication of science. En *Handbook of public communication of science and technology* (pp. 71-90). Routledge.
- Buckland, H. y Murillo, D. (2014). *La innovación social en América Latina: marco conceptual y agentes*. Instituto de Innovación Social de ESADE y Fondo Multilateral de Inversiones (Banco Interamericano de Desarrollo).
- [http://proxymy.esade.edu/gd/facultybio/publicos/1431613105032\\_ESADE-FOMIN-La-innovacion-social-en-America-Latina-Marco-conceptual-y-agentes-1.pdf](http://proxymy.esade.edu/gd/facultybio/publicos/1431613105032_ESADE-FOMIN-La-innovacion-social-en-America-Latina-Marco-conceptual-y-agentes-1.pdf)
- Burningham, K., Barnett, J., Carr, A., Clift, R. y Wehrmeyer, W. (2007), Industrial constructions of publics and public knowledge: A qualitative investigation of practice in the UK chemicals industry, *Public Understanding of Science*, 16(1), 23-43.
- Bucchi, M. (2008). Of deficits, deviations and dialogues: Theories of public communication of science. En: M. Bucchi y B. Trend (eds.), *Handbook of public communication of science and technology* (pp. 57-76). Routledge.
- Bonney, R., Phillips, T.B.; Ballard, H.L. y Enck, J.W. (2016). Can Citizen Science Enhance Public Understanding of Science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16.
- Cabezos Bernal, P. M. y Rossi, A. (2017). Técnicas de musealización virtual. los capiteles del Monasterio de San Cugat. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 22(29), 48-57.
- Campbell, D. y Stanley, J. (2011). *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social*. Amorrortu Editores.

- Cantón Enríquez, D., Arellano Pimentel, J., Hernández López, M.A., Nieva Farvía, O.S. (2017).  
Uso didáctico de la realidad virtual inmersiva con interacción natural de usuario enfocada a la inspección de aerogeneradores. *Revista Apertura*, 9(2), 8–23.  
<http://dx.doi.org/10.32870/ap.v9n2.1049>
- Castro, P., y Mouro, C. (2016). 'Imagining ourselves' as participating publics: an example from biodiversity conservation. *Public Understanding of Science*, 25(7): 858–872.
- Casal, J., y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev*, 1(1), 3–7.
- Carrillo Villalobos, J.L. y Cortés Montalvo, J.A. (2016). Secuencias didácticas con realidad virtual en el área de geometría en educación básica. *Revista Faro*, 1(23), 279–304.
- Chaparro, F. (2001). Conocimiento, aprendizaje y capital social como motor de desarrollo. *Ciência da Informação*, 30(1), 19–31.
- Coimbra, M. T., Cardoso, T., y Mateus, A. (2015). Augmented reality: an enhancer for higher education students in math's learning? *Procedia Computer Science*, 67, 332–339.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.277>
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT. (2017). *Glosario de términos y recomendaciones para la captura de la solicitud de ingreso o reingreso al sistema nacional de investigadores*. <http://conacyt.gob.mx/index.php/glosario-de-terminos-sni>
- Coro Montanet, G., Gómez Sánchez, M., y Suárez García, A. (2017). Haptic simulators with virtual reality environments in dental education: a preliminary teaching diagnosis. *@tic Revista d'Inovació Educativa*, 18(8), 1–8. <https://doi.org/10.7203/attic.18.9077>
- Cózar Gutiérrez, R., de Moya Martínez, M. D. V., Hernández Bravo, J. A. y Hernández Bravo, J. R. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las Ciencias Sociales.: Una experiencia con el uso de Realidad Aumentada en la formación inicial de maestros. *Digital Education Review*, 27, 138–153. <https://doi.org/10.1344/der.2015.27.138-153>
- Creswell, J. W. (2013). *Steps in conducting a scholarly mixed methods study*. *Discipline-Based Education Research Group*. University of Nebraska.

- Cruz Morales, M. Á., Morales Cárdenas, A. O., y Ayala Ruiz, Á. (2006). Diseño de productos asistidos por realidad virtual inmersiva. *Ingeniería Mecánica: Tecnología y Desarrollo*, 2(3), 92–100.
- Cuevas, A. (2008). Conocimiento científico, ciudadanía y democracia. CTS: *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología*, 4(10), 67–83.
- D Pablos Pons, J. (2018). Las tecnologías digitales y su impacto en la universidad: las nuevas mediaciones. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 83–95.
- De Antonio Jiménez, A., Villalobos Abarca, M., y Luna Ramírez, E. (2000). Cuándo y cómo usar la Realidad Virtual en la Enseñanza. *Revista de Enseñanza y Tecnología*, 29, 26–36.
- De Prado, M.G. (2018). Beneficios educativos y videojuegos: revisión de la literatura española. *Education. The Knowledge Society (EKS)*, 19(3), 15–35.  
<http://dx.doi.org/10.14201/eks20181933751>
- De Zubiría, J., Ramírez, A., Ocampo, K., y Marín, J. (2008). *El modelo pedagógico predominante en Colombia*. Tesis de grado [Instituto Alberto Merani]  
<https://es.calameo.com/read/0044202563e9db84dabdb>
- Delgado Anés, L. y Romero Pellitero, P. (2017). La arqueología virtual, generadora de recursos para la comunicación y participación. En Bocanegra Barbecho, L. y García López, A. *creación, investigación, comunicación cultural y artística en la era de Internet* (pp. 191–214). Down Hill Publishing; Universidad de Granada.  
<http://hdl.handle.net/10481/48875>
- Dennhardt, A.J., Duerr, A.E., Brandes, D. y Katzner, T.E. (2017). Applying citizen–science data and mark–recapture models to estimate numbers of migrant Golden Eagles in an Important Bird Area in eastern North America. *The Condor Ornithological Applications*. 119(4), 817–831. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-16-166.1>
- Díaz González, C. (2017). La apropiación social del conocimiento, un impulsor de la innovación: caso Asociación Horfrubella, Pereira (Risaralda). *Mutis*, 7(2), 59–74.  
<http://doi.org/10.21789/22561498.1248>

- Díaz, C., Hincapié, M. y Moreno, G. (2015). How the type of content in educative augmented reality application affects the learning experience? *Procedia Computer Science*, 75, 205–212. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.239>
- Domènech–Casal, J. (2018). Comprender, decidir y actuar: una propuesta–marco de competencia científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15(1), 501–512. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i1.1105](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105)
- Domínguez–Martín, E. (2015). Periodismo inmersivo o cómo la realidad virtual y el videojuego influyen en la interfaz e interactividad del relato de actualidad. *El Profesional de la Información*, 24(4), 413–424. <https://doi.org/10.3145/epi.2015.jul.08>
- Donalek, C., Djorgovski, S. G., Davidoff, S., Cioc, A., Zhang, J., Lawler, E., Yeh, S., Mahabal, A., Graham, M., Drake, A., Davidoff, S., Norris, J.F. y Longo, G. (2014). *Immersive and Collaborative Data Visualization Using Virtual Reality Platforms*. IEEE International Conference on Big Data (Big Data).
- Dragoş, V. y Mih, V. (2015). Scientific literacy in school. *Procedia–Social and Behavioral Sciences*, 209, 167–172. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.273>
- Echeverría, J. (2008). El Manual de Oslo y la innovación social. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura*, 732, 609–618. <https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i732.210>
- Elam, M., y Bertilsson, M. (2003). Consuming, engaging and confronting science: The emerging dimensions of scientific citizenship. *European Journal of Social Theory*, 6(2), 233–251. <https://doi.org/10.1177/1368431003006002005>
- Elías Pérez, C. (2002). Aplicación del Modelo Comunicacional de Jakobson como fórmula para acercar el mensaje experto al periodístico: la figura del emisor secundario. *Revista Comunicación y Sociedad*, XV(2), 29–54.
- Elsevier (2017). *Author Information Pack: Video/Supplementary Material*. [https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/506063?generatepdf=true](https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/506063?generatepdf=true)

- Escartín, E. R. (2000). La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 15, 5–21.
- Estrada, L. (2017). La comunicación de la ciencia. *Revista UNAM*, 15.  
<http://www.posgrado.unam.mx/sites/default/files/2016/04/0905.pdf>
- Fainholc, B. (2010). Digital Scientific–Technological Training in Higher Education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 7(2), 107–117.  
<https://doi.org/10.7238/rusc.v7i2.808>
- Fetters, Curry & Creswell (2013). Achieving integration in mixed methods designs—principles and practices. *Health services research*, 48(6pt2), 2134–2156.  
<https://doi.org/10.1111/1475-6773.12117>
- Finquelievich, S. y Fischnaller, C. (2014). Ciencia ciudadana en la Sociedad de la Información: nuevas tendencias a nivel mundial. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 9(27), 11–31.
- Fombona, J., Pascual–Sevillana, Á., y González–Videgaray, M. (2017). M–learning and augmented reality: A review of the scientific literature on the *WoS Repository*. *Comunicar. Media Education Research Journal*, 25(2), 63–72.  
<https://doi.org/10.3916/C52-2017-06>
- Forrest, F. (2006). Manifiesto for an aesthetics of communication. *Signo y Pensamiento*, 49, 11–35.
- Fox, J., Arena, D., y Bailenson, J.N., (2009). Virtual reality: A survival guide for the social scientist. *Journal of Media Psychology*, 21(3), 95–113. <https://doi.org/10.1027/1864-1105.21.3.95>
- Fernández, M., Pina, B., y García, X. S. (2019). La realidad virtual como herramienta comunicacional en el proceso de duelo. *Revista Internacional de Humanidades Médicas*, 7(2), 45–54. <https://doi.org/10.37467/gka-revmedica.v7.199>
- Gasca–Hurtado, G. P., Peña, A., Gómez–Álvarez, M. C., Plascencia–Osuna, Ó. A. y Calvo–Manzano, J. A. (2015). Virtual Reality as good practice for teamwork with engineering

- students. RISTI – *Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 16, 76–91.  
<https://doi.org/10.17013/risti.16.76-91>
- Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 43, 27–37.
- Golinelli, S., Vega-Villa, K. y Villa-Romero, J. F. (2015). Biodiversidad: ciencia ciudadana, saberes originarios y biodiversidad aplicada en la economía social del conocimiento. En Buen Conocer–FLOK Society. *Modelos sostenibles y políticas públicas para una economía social del conocimiento común y abierto en el Ecuador* (pp. 345–406). Asociación aLabs.
- Gómez, S. y Roquet, J. V. (2011). Metodología de la investigación. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 22, 91–112.
- González, A. L., Chávez, G., & Hernández, G. C. (2011). La realidad virtual inmersiva en ambientes inteligentes de aprendizaje. Un caso en la educación superior. *Revista ICONO14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 9(2), 122.
- Google Expediciones (2017). *¿Qué es expediciones?*  
<https://support.google.com/edu/expeditions/answer/6335093?hl=es>
- Gouyon, J. B. (2016). Scientists can't do science alone, they need publics. *Public Understanding of Science*, 25(6), 754–757. <https://doi.org/10.1177/096366251665036>
- Grande León, A. (2010). La Génesis de un Museo del Guadalquivir del siglo XXI. Anastilosis virtual del valle del Guadalquivir en el siglo II d. C: La Baetica de Adriano. *Virtual Archeology Review*, 1(1), 27–37. <https://doi.org/10.4995/var.2010.4753>
- Güemez Ricalde, F. J., Valdivieso Ortiz, A.Y., Zapata Sánchez, J. L. y Hernández Bustos, M.Á. (2015). Apropiación social del conocimiento en cuatro grados de desarrollo empresarial en organizaciones productivas mexicanas en la frontera Sur México/Belice. Análisis del modelo OCDE. *Universitas Humanística*, 80, 325–346.  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.UH80.ascc>
- Guevara Ruiseñor, E.S. y Flores Cruz, M.G. (2018). Educación científica de las niñas, vocaciones científicas e identidades femeninas. Experiencias de estudiantes universitarias. *Revista*

*Actualidades Investigativas en Educación*. 18(1), 1–31.

<https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33136>

Gutiérrez–Baños, J.L. Ballester–Diego, R. Truan–Cacho, D. Aguilera–Tubet, C. Villanueva–Peña, A. y Manuel–Palazuelos, J.C. (2015). La formación del residente de urología en cirugía laparoscópica: Elaboración de un modelo de realidad virtual. *Actas Urológicas Españolas*, 39(9), 564–572. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2015.04.006>

Hamid, S., Waycott, J., Kurnia, S., y Chang, S. (2014). An empirical study of lecturers' appropriation of social technologies for higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 30(3), 295–311. <https://doi.org/10.14742/ajet.690>

Haywood, B. K. y Besley, J.C. (2014). Education, outreach, and inclusive engagement: towards integrated indicators of successful program outcomes in participatory science. *Public Understanding of Science*, 23(1): 92–106

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M.P. (2014), *Metodología de la Investigación* (6ª Edición). McGraw Hill.

Hienert, D., Sawitzki, F., y Mayr, P. (2015). Digital library research in action—supporting information retrieval in sow port. *D-Lib Magazine*, 21(3/4).

<https://doi.org/10.1045/march2015-hienert>

Hu–Au, E. y Lee, J.J. (2017). Virtual Reality in Education: A Tool for Learning in the Experience Age, *Int. J. Innovation in Education*, 4(4), 215–226.

Invernizzi, N. (2004). Participación ciudadana en ciencia y tecnología en América Latina: una oportunidad para refundar el compromiso social de la universidad pública. *Revista CTS*, 2(1), 67–83.

Izzo, F. (2017) Museum Customer Experience and Virtual Reality: H. BOSCH Exhibition Case Study. *Modern Economy*, 8, 531–536. <https://doi.org/10.4236/me.2017.84040>

Izquierdo, G. M. (2015). Informantes y muestreo en investigación cualitativa. *Investigaciones Andina*, 17(30), 1148–1150.

- Jaillier, E.C., Carmona Hoyos y Suárez Díaz, L. (2015). Los retos de la comunicación en la apropiación social del conocimiento, en algunas experiencias significativas de innovación social en Medellín. *Comunicación*, 32, 39–54.
- Jensen, C. G. (2017). Collaboration and dialogue in Virtual reality. *Journal of Problem Based Learning in Higher Education*, 5(1), 85–110. <http://10.5278/ojs.jpblhe.v0i0.1542>
- Jiménez Iglesias, L. Paíno Ambrosio, A. y Rodríguez Fidalgo, M., (2017). Realidad virtual, periodismo inmersivo: análisis comparativo de 6x9: a virtual experience of solitary confinement y Confinement. *Del verbo al bit*, 1192–120. <https://doi.org/10.4185/cac116edicion2>
- Jiménez Porta, A. M., y Díez–Martínez Day, E. (2018). Análisis del contenido de apps y videojuegos: implicaciones en procesos cognitivos en la lectura inicial. *Apertura* 10(1), 71–87. <https://doi.org/10.18381/ap.v10n1.1114>
- Joo Nagata, J., García–Bermejo Giner, J. y Martínez Abad, F. (2015). Patrimonio territorial virtual en educación: recursos en m–Learning sobre la ciudad de Salamanca. *Investigar con y para la sociedad*, 3, 1681–1692.
- Joo Nagata, J., Martínez Abad, F., y García–Bermejo Giner, J. R. (2017). Realidad Aumentada y Navegación Peatonal Móvil con contenidos Patrimoniales: Percepción del aprendizaje. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20(2), 93–118. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.20.2.17602>
- Karagozlu, D. (2018). Determination of the impact of augmented reality application on the success and problem–solving skills of students. *Quality y Quantity*, 52, 2393–2402. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0674-5>
- Kim, B. (2016). *Virtual Reality as an Artistic Medium. A Study on Creative Projects Using Contemporary*. Tesis de Maestría [Aalto University, School of Arts, Design and Architecture, Finland].
- Lamb, A. y Johnson L. (2010). Virtual Expeditions: Google Earth, GIS, and Geovisualization Technologies in Teaching and Learning. *Teacher Librarian*, 37(3), 81–85.

- Landrain, T., Meyer, M., Perez, A. M., y Sussan, R. (2013). Do-it-yourself Biology: Challenges and Promises for an Open Science and Technology Movement. *Systems and Synthetic Biology*, 7(3), 115-126.
- Lanier, J. (2014). *¿Quién controla el futuro? Debate. Transfusión Medicine Books*.  
<http://www.gjtmgc.org/book/897684676/download-gui-n-controla-el-futurojaronlanier.pdf>
- Levis, D. (1997) *¿Qué es la realidad virtual?* <https://goo>
- León, B. P., Garcia, X. S., & Fernández, M. (2018). *La realidad virtual como herramienta comunicacional en el proceso de duelo*. Congreso Internacional de Ciencias Humanas, 2018.
- Lindner, P., Miloff, A., Fagnäs, S., Andersen, J., Sigeman, M., Andersson, G., Furmark, T. y Carlbring, P. (2019). Therapist-led and self-led one-session virtual reality exposure therapy for public speaking anxiety with consumer hardware and software: A randomized controlled trial. *Journal of Anxiety Disorders*, 61, 45-54.  
<https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.07.003>
- Linnealab (2017). *Nuestro ADN, laboratorio de innovación en experiencias de aprendizaje*.  
<http://linnealab.org/#about-us-section-adn>
- Loomis, J. M. (1992). Distal attribution and presence. *Presence: Teleoperators y Virtual Environments*, 1(1), 113-119. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.1.113>
- López Hidalgo, A. (2016). El periodismo que contará el futuro. *Chasqui Revista Latinoamericana de Comunicación*, 131, 239-256.
- López Lineros, M., Sánchez Jiménez, F. J., Mateo Carballo, F. y Vázquez Tatay, C. (2016). *Realidad Aumentada como herramienta docente en la asignatura de Construcción en las enseñanzas de Ingeniería*. Ponencia presentada en el 24º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Departamento de Ingeniería del Diseño. Universidad de Sevilla.

- López-García, X., Rodríguez-Vázquez, A. I., y Pereira-Fariña, X. (2017). Competencias tecnológicas y nuevos perfiles profesionales: desafíos del periodismo actual. *Comunicar*, 53, 81-90. <https://doi.org/10.3916/C53-2017-08>
- López-Martín, O., Segura Fragoso, A., Rodríguez Hernández, M., Dimbwadyo Terrorer, I. y Polonio-López, B. (2016). Efectividad de un programa de juego basado en realidad virtual para la mejora cognitiva en la esquizofrenia. *Gaceta Sanitaria*, 30(2), 133-136. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2015.10.004>
- Luengas, L. A., Velásquez, N. C., y Beltrán, M. C. (2018). Herramienta virtual para la enseñanza de los metales alcalinos. *Visión Electrónica*, 12(1), 110-114. <https://10.14483/22484728.13407>
- Lyman, P. (2017). What is a digital library? Technology, intellectual property, and the public interest. *Books, Bricks and Bytes*, 1-34.
- Macedo, B. (2016). *Educación Científica*. UNESCO.
- Manea, M., Constantin Manea, V. y Varela, A. (2016). National Laboratory for Advanced Scientific Visualization at UNAM-Mexico. *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 18.
- Manzini, E. (2006a). *Creative communities. Collaborative networks and distributed economies. Promising signals for a sustainable development*. Politécnico de Milano.
- Manzini, E. (2006b). *Design, ethics and sustainability. Guidelines for a transitions place*. Politécnico de Milano.
- Marcos Recio, J.C. y Alcolado Santos, J. (2014). Modelo integrador para la formación de profesionales de la comunicación en entornos virtuales: preparando emprendedores. *Investigación Bibliotecológica*, 28(64), 75-100.
- Marín Agudelo, S.A. (2012). Apropiación social del conocimiento: una nueva dimensión de los archivos. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 35(1), 55-62.
- Martin Pena, D y Parejo Cuéllar, M. (2016). Nuevas fórmulas de comunicación corporativas basadas en la colaboración interuniversitaria: proyecto "Semillas de Ciencia". *Documentación de las Ciencias de la Información*, 39, 151-163.

- Martín Sabarís, R. M. y Brossy Scaringi, G. (2017). La realidad aumentada aplicada al aprendizaje en personas con Síndrome de Down: un estudio exploratorio. *Revista latina de comunicación social*, 72, 737–750. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2017-1189>
- Martínez Cano, F.J. (2018). Impresiones sobre Carne y Arena: práctica cinematográfica y realidad virtual. *Miguel Hernández Communication Journal*, 9(1), 161–190. <http://dx.doi.org/10.21134/mhcj.v0i9.222>
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C.E., Añorbe-Díaz, B. y González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. EURASIA: *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 469–486. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>
- Massis, B. (2015). Using virtual and augmented reality in the library. *New Library World*, 116, 796–799. <https://doi.org/10.1108/NLW-08-2015-0054>
- McGraw, T., Garcia, E., y Sumner, D. (2017). Interactive swept surface modeling in virtual reality with motion-tracked controllers. *Proceedings of the Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling*. 1–9. <https://doi.org/10.1145/3092907.3092908>
- McKnight, K., O'Malley, K., Ruzic, R., Horsley, M. K., Franey, J. J., y Bassett, K. (2016). Teaching in a Digital Age: How Educators Use Technology to Improve Student Learning, *Journal of Research on Technology in Education*, 48(3), 194–211, <https://doi.org/10.1080/15391523.2016.1175856>
- Melgar, M. F., Danolo, D.S., y Elisondo, R. C. (2018). Experiencias en museos: zonas educativas posibles. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, 53, 241–256.
- Melo Bohórquez, I. M. (2018). Realidad aumentada y aplicaciones. *Tecnología Investigación y Academia*, 6(1), 28–35.
- Menorath, D. y Antonczak, L. (2017). "Juxtapose": An exploration of mobile augmented reality collaborations and professional practices in a creative learning environment. *International Association for the Development of the Information Society*. 14th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age.
- Miller, S. (2001). Public understanding of science at the crossroads. *Public Understanding of Science*, 10(1), 115–120. <https://doi.org/10.3109/a036859>

- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.
- Molina Torres, M.P. (2018). La educación patrimonial en la didáctica de las ciencias sociales en primaria. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 22, 199–213.  
<http://doi.org/10.18172/con.3087>
- Montero Ruiz, I. (2010). *Minería y metalurgia en la investigación prehistórica: Manual de Arqueometalurgia*. Museo Arqueológico Regional.
- Moorefield–Lang, H.M. (2015). Libraries and the rift: Oculus Rift and 4D devices in libraries. *Knowledge Quest*, 43(5), 76–77.
- Moreno, N.M., Leiva, J.J., Galván, M.C., López, E. y García, F.J. (2017). Realidad aumentada y realidad virtual para la enseñanza–aprendizaje del inglés desde un enfoque comunicativo e intercultural. En Ruiz Palmero, J., Sánchez–Rodríguez, J. y Sánchez–Rivas, E. (Edit.). *Innovación docente y uso de las TIC en educación* (pp. 1–11). UMA Editorial.
- Nachimuthu, K. y Vijayakumari, G. (2009). Virtual reality enhanced instructional learning. *Journal of Educational Technology*, 6(1), 1–5.
- Nissim, Y., y Weissblueth, E. (2017). Virtual Reality (VR) as a Source for Self–Efficacy in Teacher Training. *International Education Studies*, 10(8), 52–59.  
<http://doi.org/10.5539/ies.v10n8p52>
- North, M.M., North, S.M. y Coble, J.R. (1998). Virtual Reality Therapy: An Effective Treatment for the Fear of Public Speaking. *International Journal of Virtual Reality*, 3(3), 1–6.  
<http://doi.org/10.20870/IJVR.1998.3.3.2625>
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura – OEI (2012). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social: Programa iberoamericano en la década de los bicentenarios*. OEI.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos – OCDE (2019). *Revisión nacional de investigación y desarrollo educativo*.  
<http://www.oecd.org/mexico/32496490.pdf>
- Oyelude, A. A. (2017). Virtual and augmented reality in libraries and the education sector. *Library Hi Tech News*, 34(4), 1–4. <http://doi.org/10.1108/LHTN-04-2017-0019>
- Onwuegbuzie, A. J., y Johnson, R. B. (2006). The validity issue in mixed research. *Research in the Schools*, 13(1), 48–63.
- Padilla, J. (2017). ¿Quiénes somos? *Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, A.C. (SOMEDICYT)*. <http://www.somedicyt.org.mx/somedicyt/>
- Paino Ambrosio, A, Jiménez Iglesias, L, Rodríguez Fidalgo, M (2017), El periodismo inmersivo y transmedia: de leer la historia a vivirla en primera persona. En Herrero Gutiérrez F, J, Mateos Martín, C. *Del verbo al bit*. (pp. 1177–1191). Sociedad Latina de Comunicación Social. <http://doi.org/10.8145/cac116edicion2>
- Pardo Rodríguez, I. (2011). ¿Necesitamos bases filosóficas y epistemológicas para la investigación con Métodos Combinados? *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 22, 91–112. <http://doi.org/10.5944/empiria.22.2011.86>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Parra Valcarce, D., Edo Bolós, C. y Recio, J. C. M. (2017). Análisis de la aplicación de las tecnologías de realidad aumentada en los procesos productivos de los medios de comunicación españoles. *Revista Latina de Comunicación Social*, 72, 1670–1688.  
<http://doi.org/10.4185/RLCS-2017-1240>
- Pérez Martínez, F.J. (2011). Presente y futuro de la tecnología de la realidad virtual. *Revisa de Creatividad y Sociedad*, 15(15), 1–39.
- Pérez Seijo, S. y Campos Freire, F. (2017). Las técnicas inmersivas en las televisiones públicas europeas: primeras aplicaciones y evolución práctica. *Del verbo al bit*, 1011–1036.  
<http://doi.org/10.4185/cac116edicion2>

- Pérez-Bustos, T., Franco Avellaneda, M., Lozano Borda, M., Falla, S. y Papagayo, D. (2012). Iniciativas de Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología en Colombia: tendencias y retos para una comprensión más amplia de estas dinámicas. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 19(1), 115-137. <http://doi.org/10.1590/S0104-59702012000100007>
- Peters, H. P., Brossard, D., De Cheveigné, S., Dunwoody, S., Kalfass, M., Miller, S. y Tsuchida, S. (2008). Interactions with the mass media. *Science*, 321(5886), 204-205.
- Piscitelli Altomari, A. G. (2017). Realidad virtual y realidad aumentada en la educación, una instantánea nacional e internacional. *Economía Creativa*, 7, 33-65.
- Polino, C. (2015). *Manual de Antigua*. Buenos Aires: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología-RICYT. <http://www.ricyt.org/files/Antigua.pdf>
- Potter, M. C., Wyble, B., Hagmann, C. E., y McCourt, E. S. (2014). Detecting meaning in RSVP at 13 ms per picture. *Attention, Perception, y Psychophysics*, 76(2), 270-279. <http://doi.org/10.3758/s13414-013-0605-z>
- Prades Oropesa, M. y Sánchez, X. (2016). Motivaciones sociales y psicológicas para usar Instagram. *Communication Papers*, 5(09), 27-36.
- Prado, G. (2008). Redes e ambientes virtuais artísticos. *RUA. Revista Universitária do Audiovisual*, 1, 1-10.
- Predavec, M., Lunney, D., Hope, B., Stalenberg, E., Shannon, I., Crowther, M. S. y Miller, I. (2016). The contribution of community wisdom to conservation ecology. *Conservation Biology*, 30(3), 496-505. <http://doi.org/10.1111/cobi.12698>
- Prendes Espinosa, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. <http://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>
- Proulx, S. (2005) Penser les usages des TIC aujourd'hui: enjeux, modèles, tendances. En Lise Vieira et Nathalie Pinède, eds, *Enjeux et usages des TIC: aspects sociaux et culturels*, t. 1 (pp. 7-20). Presses Universitaires de Bordeaux.
- Punzo Díaz, J. L., Gastélum-Strozzi, A., Peláez Ballestas, I. y Zarco Navarro, J. (2017). Estudio arqueológico no invasivo mediante la reconstrucción virtual tridimensional de ocho

- urnas cinerarias prehispánicas de la Tierra Caliente michoacana. *Intervención*, 8(16), 31–42.
- Pupo, R. (2013). Ecosofía, cultura, transdisciplinariedad. *Big Bang Faustiniiano*, 2(4), 6–9.
- Ramírez Liriao, B. J. (2016). *Implementación del paseo virtual turístico mediante el uso de aplicaciones móviles para emoturismo*. Tesis de Grado [Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador]. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3629>
- Ramírez Muñoz, D. F. (2017). Aplicaciones de la realidad virtual en el campo de la ingeniería mecánica y automotriz, a partir de la visualización en 3D del diseño de un prototipo de carreras estilo fórmula SAE, dentro del observatorio “Ixtli”, UNAM. *Revista Digital Universitaria*, 14(5), 1–17.
- Rascón Marqués, S., y Sánchez Montes, A.L. (2008). Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio. *Pulso España*, 31, 67–92.
- Red de Ciencia Abierta y Colaborativa para el Desarrollo (2004). *Manifiesto de Ciencia Abierta y Colaborativa*. [www.ocsdnet.org](http://www.ocsdnet.org)
- Reigeluth, C. M. (2016). Instructional theory and technology for the new paradigm of education. *Revista de Educación a Distancia*, 50. <http://dx.doi.org/10.6018/red/50/1b>
- Reddy, V.; Juan, A.; Gastrow, M. y B. Bantwini (2009), *Science and the publics: A review of public understanding of science studies*. South African Agency for Science and Technology Advancement.
- Riesch, H. y C. Potter (2014). Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. *Public Understanding of Science*, 23(1): 107–112.
- Rivero, P., y Feliu, M. (2018). Aplicaciones de la arqueología virtual para la Educación Patrimonial: análisis de tendencias e investigaciones. *Estudios Pedagógicos*, 43(4), 319–330. <http://doi.org/10.4067/S0718-07052017000400017>
- Rodríguez Gómez D. y Valdeoria Roquet, J. (2014). *Metodología de la Investigación*. Universitat Oberta de Catalunya.

- Ruiz Torres, D. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *ICONO14 Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 9(2), 212–226.
- Sánchez–Gómez, S., Herrero–Salado, T.F., Maza–Solano, J.M., Ropero–Romero, F., González–García, J. y Ambrosiani–Fernández, J., (2015). Mejora de la planificación de las cirugías endoscópicas nasosinusales a partir de imágenes en 3 dimensiones con Osirix® y estereolitografía. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 66(6), 317–325.  
<http://doi.org/10.1016/j.otoeng.2014.10.013>
- Sancho, J. G. (2016). *Aportaciones al proceso de creación de contenidos de realidad aumentada, orientados a formación, industria y construcción*. Disertación doctoral [Universitat de València, España].
- Saritas, M.T. (2015). Chemistry teacher candidates' acceptance and opinions about virtual reality technology for molecular geometry. *Educational Research and Reviews* 10(20), 2745–2757. <http://doi.org/10.5897/ERR2015.2525>
- Sartori, G. (2012). *Homo videns, la sociedad teledirigida*. Taurus; Alfaguara.
- Scupola, A. y Zanfei, A. (2016). Governance and innovation in public sector services: The case of the digital library. *Government Information Quarterly*, 33(2), 237–249.  
<http://doi.org/10.1016/j.giq.2016.04.005>
- Sclove, R. E. (2000). Town Meetings on Technology. Consensus Conference as Democratic Participation. En Kleinman, D.L. (Ed.), *Science, Technology & Democracy* (pp. 33–48). State University of New York Press.
- Segovia, K.Y., y Bailenson, J.N. (2009). Virtually True: Children's Acquisition of False Memories in Virtual Reality. *Media Psychology*, 12(4), 371–393.  
<http://doi.org/10.1080/15213260903287267>
- Senabre Hidalgo, E., Ferran–Ferrer, N. y Perelló Palou, J. (2018). Diseño participativo de experimentos de ciencia ciudadana. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 54(26), 29–38. <http://doi.org/10.3916/C54-2018-03>

- Selzer, M. N., Gazcón, N. F., Trippel Nagel, J. M., Larrea, M. L., Castro, S. M. y Bjerg, E. A. (2018). Tecnologías inmersivas aplicadas: realidad virtual y aumentada. En *Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (Vol. 20)* (366–370). Red de Universidades con Carreras en Informática
- Serna, E. (2016). La transdisciplinariedad en el pensamiento de Paulo Freire. *Revista de Humanidades*, 33, 213–243.
- Serrano Alegre, I, Hernández Ríos, M, L, Álvarez Rodríguez, M, D (2017). La inclusividad en Educación Patrimonial mediante la Realidad Aumentada. *PULSO. Revista de Educación*, 40, 175–187.
- Sherman, W. R. y Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann.
- Simbaña Jaya, B.I., (2015). Diseño e implementación de una aplicación basada en realidad aumentada para los edificios patrimoniales del Centro Histórico de Quito. Tesis de grado [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Matriz Sangolquí].
- Soler–Adillon, J. (2018). Realidad Virtual: ¿Por dónde empiezo? *Mosaic*, 158, 3.
- Tarango, J. y Machin–Mastromatteo, J. (2017). *The role of information professionals in the knowledge economy: Skills, profile and a model for supporting scientific production and communication*. Elsevier–Chandos Publishing.
- Tejeda–Lorente, Á., Porcel, C., Peis, E., Sanz, R., y Herrera–Viedma, E. (2014). A quality based recommender system to disseminate information in a university digital library. *Information Sciences*, 261, 52–69. <http://doi.org/10.1016/j.ins.2013.10.036>
- Thompson Klein, J. (2015), Reprint of “Discourses of transdisciplinarity: Looking back to the future”. *Futures*, 65, 10–16. <http://doi.org/10.1016/j.futures.2015.01.003>
- Thone, N., Winter, M., García–Matte, R.J. y González, C. (2017). Simulación en otorrinolaringología: Una herramienta de enseñanza y entrenamiento. *Acta Otorrinolaringológica Española*, 68(2), 115–120. <http://doi.org/10.1016/j.otorri.2016.04.007>

- Tlili, A., y Dawson, E. (2010). Mediating science and society in the EU and UK: From information–transmission to deliberative democracy? *Minerva*, 48(4), 429–461. <http://doi.org/10.1007/s11024-010-9160-0>
- Torres García, A. Estapé Madinabeitia, T., Gutiérrez–Maldonado, J., Abad Esteve, S. y García Peñalver, M. (2016). Aplicación de un programa de realidad virtual como herramienta de reducción de la ansiedad anticipatoria a una sesión de quimioterapia. *Psicooncología*, 13, 1–47. [http://doi.org/10.5209/rev\\_PSIC.2016.v13.n1.52192](http://doi.org/10.5209/rev_PSIC.2016.v13.n1.52192)
- Trench, B., & Miller, S. (2012). Policies and practices in supporting scientists' public communication through training. *Science and Public Policy*, 39(6), 722–731.
- UNESCO (2020). *Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6?view=chart>
- Universidad Nacional Autónoma de México – UNAM. (2017). *Unidad de Computo Avanzado y Visualización UCAV: Sobre Nosotros LNVCA*. <http://www.geociencias.unam.mx/ucav/about/Invca/Invca.php>
- Urquiza Mendoza, L. I., Auria Burgos, B. A., Daza Suárez, S.K., Carriel Paredes, F. R. y Navarrete Ortega, R.I. (2016). Uso de la realidad virtual, en la educación del futuro en centros educativos del Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 7(4), 26–30. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol1iss4.2016pp26-30>
- Welsh, I. y B. Wynne (2013). Science, scientism and imaginaries of publics in the UK: Passive objects, incipient threats. *Science as Culture*, 22, 540–566.
- Valdez Córdoba, L., Aguilar Duarte, A.E. y Contreras Garibay, H.G. (2014). El museo móvil el camino de la ciencia como promotor de la divulgación científica y la apropiación social del conocimiento científico. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 13–21.
- Valencia H. (2017). *VR Fest, el evento de las tecnologías de inmersión*. Agencia Informativa CONACYT. <http://www.conacytprensa.mx/index.php/sociedad/eventos/evento/2174-vr-fest-mx-festival-internacional-de-realidad-virtual>

- Valtierra Lacalle, A. (2018). Realidad Virtual y Educación en los Museos de Arte antiguo y Yacimientos Arquelógicos. *Editum. Ediciones de la Universidad de Murcia*, 263–271.
- Vásquez, A. (2019). *Reconoce CONACYT déficit de científicos en México*.  
<https://invdes.com.mx/politica-cyt-i/reconoce-conacyt-deficit-de-cientificos-en-mexico/>
- Vessuri, H. (2002). Ciencia, tecnología y desarrollo: una experiencia de apropiación social del conocimiento. *Interciencia*, 27(2), 88–92.
- Vicent, N., Rivero Gracia, M.P. y Feliu Torruella, M. (2015). Arqueología y tecnologías digitales en Educación Patrimonial. *Educatio Siglo XXI*, 33(3), 83–102.  
<http://doi.org/10.6018/j/222511>
- Viñas–Diz, S., y Sobrido–Prieto, M. (2016). Realidad virtual con fines terapéuticos en pacientes con ictus: revisión sistemática. *Neurología*, 31(4), 255–277.  
<http://doi.org/10.1016/j.nrl.2015.06.012>
- Zapatero Guillén, D. (2011). La realidad virtual como recurso y herramienta útil para la docencia y la investigación. *EyET: Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 6, 17–23.
- Zúñiga Ortega, J.A., Amador Reyes, J.J., Mejía Bañuelos, C., Morales Ramírez, A. y Mota Hernández, C.I. (2014). Desarrollo de un entorno virtual tridimensional como herramienta de apoyo a la difusión turística de la zona arqueológica de Teotihuacán. *Acta Universitaria*, 24(4), 34–42. <http://doi.org/10.15174.au.2014.534>

### Anexos

#### Anexo 1. Cuestionario de salida (ciencia y minería + Realidad Virtual)

Este es un estudio de una tesis doctoral de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) que tiene el objetivo evaluar la posible utilidad de la tecnología de realidad virtual para transmitir conocimiento, por lo que, te agradecemos tu participación respondiendo las siguientes preguntas:

SEXO

\_\_\_\_\_ Hombre \_\_\_\_\_ Mujer

TU EDAD ES: \_\_\_\_\_

CLASE SOCIOECONÓMICA:

Baja

Media

Media alta

Alta

VIVES EN:

Área rural o localidad pequeña (de 2,000 a 5,000 habitantes)

Ciudad pequeña (de 5,000 a 10,000 habitantes)

Ciudad mediana (de 10,000 a 50,000 habitantes)

Grandes ciudades (de 200,000 a 500,000 habitantes o más)

5. GRADO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS:

Primer año

Segundo año

Tercer año

Cuarto año

Irregular (llevas materias de diversos semestres)

6. CUÁL ES TU ÁREA DE ESTUDIOS:

ciencias exactas y naturales

ciencias de la salud

ingeniería y tecnologías

Humanidades

Ciencias sociales y jurídicas

7. ¿SABES QUIÉNES PRODUCEN CIENCIA EN TU REGIÓN O PAÍS?

No sé nada sobre el tema

Conozco insuficiente sobre el tema

Los profesores universitarios

Personas que contrata el gobierno en centros de investigación

Los dos anteriores

No sé, pero quisiera saber.

8. ¿SABES QUÉ CAMINO SEGUIR O QUÉ PUERTAS TOCAR PARA SER CIENTÍFICO EN TU PAÍS?

No, no tengo idea cómo se puede llegar a ser científico en mi país

Conozco, pero no lo suficiente sobre el tema

Sí se lo suficiente sobre el tema

No sé, pero quisiera saber.

No me interesa

9. SOBRE CIENCIA OPINO QUE:

No es importante en la vida, no me interesa

No sé nada

Sé poco, insuficiente para opinar

Quiero saber más

Quisiera ser científico

LAS SIGUIENTES PREGUNTAS SON SOBRE LA EXTRACCIÓN DE MINERALES EN TU PAÍS, TE AGRADECEMOS QUE RESPONDAS CON HONESTIDAD A:

10. SOBRE MINERÍA OPINO QUE:

No es importante en la vida, no me interesa

No sé nada

Sé poco

Quiero saber más

Me gustaría ser minero

11. ¿CONOCES EN QUÉ SE USAN LOS MINERALES QUE SE EXTRAEN DE TU PAÍS?

No, nunca he pensado en eso

Sí, estoy consciente de ello

Me lo he preguntado, pero nunca he indagado esa información

No sé, pero quiero saber

No me interesa

CON LA SIGUIENTE ESCALA TE PEDIMOS RESPONDER LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

Sobre la actividad minera se divulga información:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La mayoría de las personas están conscientes de que los minerales son un recurso natural importante para la vida del ser humano:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

Los minerales están en casi todo lo que usamos, especialmente en la tecnología:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La minería es una actividad que relaciono con mi vida cotidiana:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La extracción de minerales en México se hace de manera muy rudimentaria:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La minería es una actividad que requiere de la ciencia para poder llevarse a cabo:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La industria minera es trabajo hecho por ingenieros no de científicos

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La industria minera cuenta con laboratorios especializados para llevar desarrollarse:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La industria minera cuenta con trabajos y un plan de remediación ambiental:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La minería requiere de las ciencias exactas para poder desarrollarse:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

La minería requiere de las ciencias sociales para poder llevarse a cabo

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

24. PARA CONocer MÁS SOBRE LA ACTIVIDAD MINERA DE MI ESTADO Y EL PAÍS DEBERÍA DE:

Escribirse un libro

Hacerse una película

Enseñarlo en las escuelas y llevar a los alumnos a conocer las minas.

Poner una sala de realidad virtual para que se puedan conocer las minas sin necesidad de visitarlas físicamente.

Todos los anteriores.

No creo que sea necesario hacer nada, no me parece importante

Otro (¿cuál?) \_\_\_\_\_

¿En qué medida consideras que los medios audiovisuales te han ayudado a incrementar el nivel de comprensión del tema?:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

26. ¿En qué medida consideras que los medios audiovisuales sirven para transmitir conocimiento?:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

27. ¿En qué medida consideras que los medios audiovisuales sirven para incrementar el nivel de credibilidad en la información proporcionada?:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

28. ¿En qué medida después de ver los productos visuales te dio curiosidad de saber más sobre el tema?:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

29. ¿En qué medida después de conocer la minería de forma virtual, quiero hacer una visita real?:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

30. ¿En qué medida conocer la información a través de tecnología visual me sentí motivado, me interesó el tema?:

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

31. ¿Cuánto conocía yo del tema de producción científica antes de esta conferencia?

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

32. ¿En qué medida me fue útil la información?

Nada	Poco	Desconozco	Suficiente	Mucho
0	1	2	3	4

33. ¿Cuál es tu opinión acerca de los productos visuales utilizados durante esta conferencia?

Qué se evaluó con cada pregunta:

LO QUE SE BUSCA MEDIR	Número de pregunta que lo mide
En qué medida aumenta la curiosidad intelectual	7, 9, 10, 11, 29, 29 y 30.
En qué medida siembra la motivación e interés	7, 8, 11, 12, 24 y 30
En qué medida aumenta el nivel de comprensión	8, 11, 13, 14, 15, 16, 17,18, 19, 21, 22, 23, 25, 26
En qué medida incrementa el nivel de credibilidad	20, 21, 22, 23, 27
En qué medida sirve para despertar vocaciones científicas	9 y 10, 31, 32, 33

**Anexo 2. Formato de observación para tesis: influencia de la Realidad Virtual en la Apropiación Social del Conocimiento**

Lugar, fecha y hora: \_\_\_\_\_

Durante el experimento se observó que los participantes:

Se rieron	Nada	Poco	Suficiente	Mucho (dar detalles)
Se interesaron	Nada	Poco	Suficiente	Mucho (dar detalles)
Se relajaron	Nada	Poco	Suficiente	Mucho (dar detalles)
Se marearon	Nada	Poco	Suficiente	Mucho (dar detalles)
Externaron emociones positivas	Nada	Poco	Suficiente	Mucho (dar detalles)
Preguntaron	Nada	Poco	Suficiente	Mucho (dar detalles)
Observaciones Generales:				