



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**“EVALUACIÓN DEL VIDEO DOCUMENTAL EN  
REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA  
EDUCATIVA EN FAVOR DE LA  
CONSERVACIÓN DE LOS PRIMATES  
SILVESTRES MEXICANOS.”**

Tesis que para obtener el título de  
**LICENCIADO EN BIÓLOGIA**

PRESENTA:

**RODRIGO JESÚS ALTO CUATE**

DIRECTOR: **M.C. JORGE RAMOS LUNA**



**OCTUBRE 2024**

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada uno de los involucrados en este proyecto de investigación: a mi tutor académico, a mis amigos de la universidad, a mis ludos, a los amigos que hice durante la realización de mi trabajo de grado, y a mi querido "grupo" (como si de changos se tratase) de estudios transdisciplinarios en primatología. A mi familia, primos, tíos y tías, a mis hermanos, a mi papá Honorato y, especialmente, a mi mamá Susana, Victoria y mamá Thelma. Sin su apoyo, consejo, "jalones de oreja" y empatía, no habría encontrado la manera de terminar este trabajo, ni de concluir mi inicio como profesional en la bonita carrera de Biología.

Jorge, gracias por tu paciencia, empatía, enseñanzas y consejos. Honestamente, desde que vi tus trabajos audiovisuales, en particular tu "demo reel 2020" en Vimeo, supe que había encontrado un gran aliado para este proyecto, y un gran amigo y ejemplo de creador audiovisual. Aprecio mucho tenerte en mi vida. Gracias por siempre ser comprensivo y por mostrarme que, para mi vocación como biólogo y realizador audiovisual, existen mil y un maneras de salir adelante. Gracias por aceptarme como tu estudiante y darme la confianza para desarrollar un proyecto nacido de mis intereses particulares. También agradezco tu apoyo constante, sea con consejos, en mis grabaciones, muestreos, o en la obtención del equipo utilizado en esta investigación.

A los integrantes de mi comité sinodal, el Dr. Antonio Fernández Crispín, por sus interesantes comentarios, observaciones y material de apoyo, y a la Dra. María Concepción López Téllez, por sus atinadas observaciones sobre el contenido y formato de mi escrito. Agradezco su apoyo, tiempo y paciencia. Su contribución en mi proceso terminal fue crucial para consolidar mis conocimientos sobre los temas de mi tesis y para desarrollar una visión más crítica sobre cómo se hace educación ambiental y para la conservación. Esto me permitió entender los retos que estos conceptos plantean, con el objetivo de generar un cambio para nuestras comunidades y ecosistemas.

Al Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana y su director, el Dr. Jorge E. Morales Mávil; a la Reserva Ecológica Nanciyaga y su director, Carlos Rodríguez Mouriño, por darme la oportunidad de grabar parte del material utilizado para mi documental. A mis amigos de la "Casa de los biólogos" y el Centro Mexicano de Rehabilitación de Primates en Catemaco: Adrian,

Emiliano, Fernanda, Carlos, Eduardo, Don Gil, Don Toño, Manuel, Carolina, Katy, Sara y Alejandro, por ser parte de mi vida en la producción del documental, por las risas y los momentos divertidos que pasé en "Lugar de las casas quemadas" (Catemaco, en náhuatl).

A las instituciones de educación media superior, el COBAEV N°70 de San Andrés Tuxtla, el TEBAEV de Sontecomapan en Veracruz, el COBAO 07 de San Juan Bautista Tuxtepec, y el COBAO 54 de San José Chiltepec en Oaxaca. A sus directivos y docentes por abrirme las puertas para realizar las intervenciones de mi investigación. A mi amigo, el Biól. Eliseo Cabrera, por ayudarme en la aplicación de las herramientas creadas para esta investigación, y a los participantes de dichas intervenciones. Fue inspirador poder aportar un granito de arena en ustedes, granitos que me esforzaré en convertir en montañas para el cuidado del medio ambiente, la biodiversidad y nuestra sociedad.

A mis amigos docentes desde mi formación en primaria, secundaria y media superior. En cada nivel fui descubriendo quién quería ser. Gracias por apoyar mis locuras y ocurrencias, que, para bien, ahora están dando frutos.

Agradezco a la BUAP, sus docentes: la Dra. Lourdes Guerrero Ontiveros, la Dra. Berenice Venegas, la Dra. Norma Caballero, el M.C. José Práxedes, el Dr. Ricardo Caicedo, la Dra. Hortensia Carrillo, la M.C. Ana Lucía Castillo, la M.C. Minerva Contreras, el Dr. Andrés Estay, el Dr. Juan García, la M.C. María Mayen, el Dr. Ernesto Mangas, la Dra. Adriana Martínez, el Dr. Jesús Martínez, la Biól. Judith Méndez, el M.C. Hugo Molina, la Dra. Dalia Molina, la Dra. Rosa E. Pérez, la Dra. Adriana Ramírez, la Dra. Maribel Reyes, el Biól. Raúl Rojas, el Dr. Ángel Alonso, la Dra. Monserrat Balbuena y el Dr. Daniel Limón. También al Herpetario Universitario Coatlicalli, al M.V.Z. David Hernández y al personal administrativo de mi unidad académica: Karina Sarabia, Ariadna Arzate, la Dra. Rosa Andrés, la Dra. Dolores López, el Dr. Salvador García y al personal en general, por los años que pasé en la inolvidable Facultad de Ciencias Biológicas. Gracias por darme los primeros pasos que derivaron en mi formación profesional. Sin las experiencias vividas en esta institución, no sería quien soy, ni el biólogo que llegaré a ser.

A mis amigos de la universidad: Yolqui, Rubén, Enrique, Abel, Romina, Roberto, David, Orlando, Ricardo, Rodrigo, Diego, Cabanzo, Alan, Mónica, Luciano, Axel, Lizbeth, los Danis, Pamela,

Vladimir, Jessi, Karla, Jenny, la sección 005, colectivo symbiosis, las demás secciones y generaciones, y al grupo LUMO-CQBIS-UV. Gracias por ser mis amigos, por su paciencia, consejos y cariño, por nuestras aventuras en una infinidad de lugares, y por estar en mi vida apoyándome a superarme y dándome ánimo cuando lo he necesitado. Sin ustedes no habría superado muchos retos que la vida me ha puesto en el camino.

A mis amigos del grupo de estudios transdisciplinarios en primatología y al INECOL, por brindarme un espacio para desarrollar mi (un poco) inquieto potencial. Al Dr. Juan Carlos Serio Silva, por su paciencia, consejos, apapachos y empatía; a Fer, Zay, Ede, Io, Estrella, Tania, Miles, Carlos, Ricardo, Alfredo, Martin y al Dr. Andrés López. Y en Xalapa, a la M.C. Yocoyani Meza y Viridiana Ramírez. El tiempo que he pasado con todos ustedes me ha mostrado una nueva faceta de la vida, tanto en lo personal como en lo profesional. Agradezco poder colaborar y crecer a su lado. Gracias por inspirarme; sin ustedes no habría vivido algunas de las aventuras más inimaginables de los últimos años, aventuras que atesoraré por el resto de mi vida.

## DEDICATORIA

*Esta investigación, mi documental y el material derivado de este trabajo, son dedicados a todas las personas que estuvieron en el desarrollo de este, a aquellas que me brindaron su apoyo, tiempo, conocimiento y experiencia sobre los monos, la educación ambiental, la educación para la conservación, la creación audiovisual y la vocación de ser un profesional de las ciencias biológicas.*

*A mis madres, Yashmine Thelma Alto Cuate, Susana Alto Francisco y Victoria Alto Francisco y a mi padre Honorato de Jesús Rojas Gil, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente, cultivando mi pasión por la naturaleza, los animales y los medios audiovisuales desde pequeño, dejándome ser quien soy, con mis gustos “raros”, siempre apoyándome en mis ocurrencias y desventuras. A mis hermanos, Julissa, Alejandro, Honorato, Camila, Ana, Vicky, Nora, Abraham, Gloria, Emiliano, Yamil, Fernando, Johnnie, Aaron, Camilo y Mariana, a mis tíos y tías por parte de todas mis figuras parentales, a mis primos, y abuelitos, a mi progenitor, Camilo Felipe Hernández Reyes y a mis seres queridos que ya no están en vida, por formarme, ser mis compañeros de vida y ser mi inspiración.*

*A los animales, los monos y la naturaleza, el asombro que me genera poder apreciarlos, es indescriptible, siempre me ha maravillado como es que, en la realidad tangible, exista una variedad impresionante de formas, colores, tamaños y características de las entidades que experimentan el fenómeno de vivir, de este asombro nace mi pasión por inmortalizar dichos elementos a través del lente de una cámara, con el objetivo de inspirar y transmitir a quien se pueda, una fracción de mi fascinación hacia la vida y la importancia de respetarla.*

*A todas mis versiones y facetas, desde aquel niño que soñaba con explorar lugares inhóspitos, ver organismos impresionantes y se emocionaba a un punto hiperactivo cada que aprendía sobre un nuevo animal, pasando por el adolescente que quería retratar todo lo que podía ver y compartirlo con los demás, hasta el joven adulto que espera encontrar su felicidad a través de su vocación profesional y la colaboración con su comunidad.*



## ÍNDICE

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. RESUMEN .....                                                                                                                                                  | 8  |
| 2. INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                                             | 9  |
| 2.1. Los primates silvestres mexicanos y los bosques tropicales .....                                                                                             | 9  |
| 2.2. La educación ambiental y la educación para la conservación .....                                                                                             | 11 |
| 2.3. Educación para la conservación con recursos multimedia<br>y medios audiovisuales .....                                                                       | 16 |
| 2.4. Educación para la conservación en primates y su hábitat .....                                                                                                | 17 |
| 2.5. La realidad virtual (RV).....                                                                                                                                | 19 |
| 2.6. La realidad virtual inmersiva (RVI) y en 360° .....                                                                                                          | 20 |
| 2.7. La realidad virtual como herramienta educativa .....                                                                                                         | 22 |
| 3. ANTECEDENTES .....                                                                                                                                             | 24 |
| 3.1. Uso de materiales audiovisuales para la educación ambiental y<br>la conservación de los primates .....                                                       | 24 |
| 3.2. Realidad virtual como herramienta de educación ambiental .....                                                                                               | 27 |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....                                                                                                                                            | 30 |
| 5. HIPOTESIS .....                                                                                                                                                | 31 |
| 6. OBJETIVOS .....                                                                                                                                                | 31 |
| 6.1. Objetivo general .....                                                                                                                                       | 31 |
| 6.2. Objetivos específicos .....                                                                                                                                  | 31 |
| 7. MATERIALES Y METODOS .....                                                                                                                                     | 32 |
| 7.1. Aproximación metodológica general .....                                                                                                                      | 32 |
| 7.1.1. Periodo de visita de reconocimiento y definición de los sitios de<br>aplicaciones de las intervenciones educativas. ....                                   | 32 |
| 7.1.2. Periodo de preproducción, producción y postproducción del video<br>inmersivo. ....                                                                         | 33 |
| 7.1.3. Periodo de aplicación de las encuestas previas, aplicación de las<br>intervenciones educación ambiental y aplicación de las encuestas<br>posteriores. .... | 33 |
| 7.2. Área de estudio .....                                                                                                                                        | 34 |
| 7.2.1. Sitios de estudio .....                                                                                                                                    | 35 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.3. Descripción de las intervenciones educativas de conservación y su implementación .....                                                                                                                                                                                          | 36 |
| 7.4. Recolección de información y evaluaciones .....                                                                                                                                                                                                                                 | 39 |
| 7.5. Análisis de datos .....                                                                                                                                                                                                                                                         | 39 |
| 8. RESULTADOS .....                                                                                                                                                                                                                                                                  | 43 |
| 8.1. Resumen de la muestra .....                                                                                                                                                                                                                                                     | 43 |
| 8.2. Diferencias en las calificaciones previas en conocimientos, actitudes y percepciones con respecto a los sitios cercanos/lejanos a la RBT .....                                                                                                                                  | 43 |
| 8.3. Diferencias en las aplicaciones previas con respecto a la intervención utilizada y a los sitios rurales y urbanos .....                                                                                                                                                         | 45 |
| 8.4. Diferencias entre los momentos pre- y post- en cada intervención, en conocimientos, actitudes y percepciones .....                                                                                                                                                              | 46 |
| 8.5. Diferencias en las aplicaciones posteriores con respecto a la intervención utilizada y en las ubicaciones cercanas/lejanas a la RBT .....                                                                                                                                       | 48 |
| 8.6. Diferencias en las aplicaciones posteriores con respecto a la intervención utilizada y los sitios rurales/urbanos .....                                                                                                                                                         | 51 |
| 9. DISCUSIÓN .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 55 |
| 9.1. Conocimientos, actitudes y percepciones pre- intervención en las ubicaciones cercanas/lejanas a la RBT y sitios rurales/urbanos .....                                                                                                                                           | 55 |
| 9.2. Comparación de calificaciones pre- y post- intervención en la promoción de conocimientos, actitudes y percepciones a través de las dos herramientas de educación para la conservación .....                                                                                     | 57 |
| 9.3. Comparación de calificaciones posteriores entre los estudiantes a través de la promoción de conocimientos, actitudes y percepciones por medio de las herramientas de educación para la conservación en las ubicaciones cercanas/lejanas a la RBT y sitios rurales/urbanos ..... | 58 |
| 10. CONCLUSIONES .....                                                                                                                                                                                                                                                               | 61 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                                                                                                                                                                                               | 62 |
| 12. ANEXOS .....                                                                                                                                                                                                                                                                     | 80 |

## 1. RESUMEN

Las selvas tropicales del sureste de México son hogar de tres especies de primates silvestres: el mono aullador de manto (*Alouatta palliata*), el mono aullador negro (*A. pigra*) y el mono araña (*Ateles geoffroyi*). Estas especies se encuentran amenazadas como consecuencia de actividades humanas, tales como la fragmentación y pérdida de su hábitat, la captura y la cacería ilegal. Ante estas problemáticas, es necesario desarrollar estrategias de conservación que involucren a las comunidades humanas. Una forma de vincular a sectores jóvenes de la población es integrándolos en actividades e iniciativas de educación y conservación ambiental. Actualmente, es cada vez más común que estas estrategias integren el uso de recursos multimedia; sin embargo, pocos estudios se han enfocado en evaluar su efectividad como recursos para la transmisión del conocimiento y el mejoramiento de actitudes y percepciones.

Tomando como punto de partida este creciente uso, así como la necesidad de adoptar estrategias innovadoras, se evaluó el potencial de un video inmersivo sobre el mono araña y la investigación primatológica realizada en campo como recurso de educación para la conservación. Se llevaron a cabo cuatro intervenciones de educación para la conservación con grupos estudiantiles de nivel bachillerato ( $n = 80$ ), provenientes de cuatro instituciones de educación media superior entre los estados de Oaxaca y Veracruz. Se evaluaron los conocimientos, actitudes y percepciones de los participantes hacia los primates silvestres y la investigación primatológica en campo a través de un diseño cuasiexperimental, en el cual a la mitad de la muestra se le presentó un video inmersivo en realidad virtual sobre el tema, mientras que a la otra mitad se le expuso a una clase/charla sobre el tema en formato tradicional. Los datos se recopilaron a través de encuestas con afirmaciones de opción múltiple (conocimientos) y en la escala de Likert (actitudes y percepciones); dichos datos fueron recabados antes y después de las intervenciones educativas.

Las calificaciones fueron contrastadas en relación con la intervención utilizada y dos características sociodemográficas: 1) cercanía/lejanía de las instituciones educativas con respecto a la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, un área natural protegida con presencia de primates silvestres, y 2) localidad RURALI/URBANA. Para dichas comparaciones, se evaluó la normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro-Wilk, y posteriormente se hicieron análisis comparativos mediante análisis de varianza, Kruskal-Wallis o la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Se calificaron y compararon los conocimientos, actitudes y percepciones previas de los estudiantes, la utilidad de cada una de las intervenciones antes y después de su aplicación, así como las calificaciones posteriores entre las dos intervenciones.

Ambas intervenciones resultaron incidir significativamente en los conocimientos, actitudes y percepciones de los estudiantes en los cuatro sitios, antes y después de su aplicación, y, aunque el video inmersivo generó mayores calificaciones posteriores en los conocimientos (a través de preguntas de opción múltiple), ambos tratamientos arrojaron calificaciones posteriores similares en los apartados de actitudes y percepciones (escala de Likert). Se sugiere que el video inmersivo no es una mejor intervención educativa en general con respecto a una charla convencional para los objetivos de la presente investigación.



## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1. Los primates silvestres mexicanos y los bosques tropicales.

En las selvas tropicales de México, se distribuyen 3 especies diferentes de primates no humanos (desde ahora denominándolos simplemente como primates), las cuales incluyen dos especies de monos aulladores, el mono aullador de manto (*Alouatta palliata mexicana*) y mono aullador negro (*Alouatta pigra*), y una especie de mono araña, el mono araña centroamericano (*Ateles geoffroyi*) (Serio-Silva *et al.*, 2006). Estas tres especies son pertenecientes a la familia Atelidae (Schneider *et al.*, 2001). México marca el límite norte en el continente de la distribución de estos organismos, en los bosques tropicales de la región neotropical del país (Vidal-García y Serio-Silva, 2011). De acuerdo con Morrone (2019), la región neotropical del país se comprende alrededor de las provincias biogeográficas asignadas a la Zona de Transición Mexicana junto con las provincias de las Tierras Bajas del Pacífico, Cuenca del Balsas, Veracruzana y Península de Yucatán.

Los bosques tropicales son de los ecosistemas terrestres más importantes debido a su gran diversidad biológica y a los diversos servicios ecosistémicos que proveen (Brandon, 2014). En México, Miranda y Hernández X (1963), los clasifican como selva alta perennifolia, alta o mediana subperennifolia, alta o mediana subcaducifolia, baja caducifolia, subperennifolia, baja espinosa perennifolia y baja espinosa caducifolia, mientras que Rzedowski (2006), los clasifica como bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio y bosque espinoso. Debido a esta confusión terminológica, Challenger y Soberón (2008), engloban a estas clasificaciones en dos categorías generales: bosques tropicales perennifolios y caducifolios. En México, los bosques tropicales se distribuyen desde el centro del país hasta la península de Yucatán, estos ecosistemas se encuentran amenazados por el cambio de uso del suelo para la agricultura y la ganadería, la explotación forestal y la tala indiscriminada (SEMARNAT, 2016), es debido a esto que se han establecidos sitios importantes para la conservación de estos ecosistemas, como lo son las áreas naturales protegidas (ANP), definidas por la legislación federal de México como zonas del territorio nacional en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad humana o que requieren ser preservadas, sujetas al régimen de protección de la ley general del

equilibrio ecológico y protección del ambiente (Vázquez-Torres *et al.*, 2010; DOF, 2024). Como ejemplo de estas áreas, en México, encontramos la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (RBLT), en el estado de Veracruz, un sitio con varios tipos de vegetación, de entre los cuales se encuentra el bosque tropical perennifolio (Von Thaden *et al.*, 2020), y cuenta con la presencia de dos especies de primates silvestres, el mono aullador de manto (*Alouatta palliata mexicana*), y el mono araña centroamericano (*Ateles geoffroyi*) (Cristóbal-Azkarate y Dunn, 2013).

Los monos aulladores (*Alouatta spp.*) son notables por su habilidad para emitir sonidos fuertes, sonidos producidos por la composición estructural particular de su hueso hioides, ubicado en el área de la garganta (Mendoza, 2023), estos sonidos pueden ser percibidos a distancias considerablemente amplias (Maya-Lastra *et al.*, 2023). Son herbívoros, con una dieta folívora-frugívora, aunque también pueden llegar a alimentarse de flores u otros productos vegetales, esta preferencia está relacionada en la variación de factores tanto ambientales como sociales a los cuales se enfrenten los grupos de estos animales (Dias y Rangel-Negrín, 2015). Son gregarios y forman grupos sociales que pueden estar compuestos por varios individuos de ambos sexos, a menudo encabezados por un macho dominante (Aguilar-Melo, 2011). Los monos araña (*Ateles spp.*) se caracterizan por su agilidad en el desplazamiento entre los árboles, de esta característica se deriva su nombre común, pues esta especie cuenta con brazos y piernas alargadas, adaptadas para la braquiación (Rosenberger *et al.*, 2008). A diferencia de los monos aulladores, estos se alimentan principalmente de frutas frescas (González-Zamora *et al.*, 2009), aun así, tienen una dieta similar, estos primates forman grupos sociales compuestos por individuos de ambos sexos, en este caso, los grupos suelen estar liderados por una hembra dominante (García-Orduña, 2003). Ambas especies poseen cola prensil, la cual les permite sujetarse y moverse por el dosel, dichos organismos pasan la mayor parte de su tiempo en las copas de los árboles, donde realizan la mayoría de sus actividades diarias (Schmitt *et al.*, 2005).

Los primates cumplen diferentes roles dentro de la dinámica de los ecosistemas donde se encuentran, son dispersores de semillas e incluso polinizadoras incidentales de algunas especies de plantas como la *Ceiba petandra* (Estrada y Coates-Estrada,

1996; García-Orduña, 2003), dichos comportamientos contribuyen a la regeneración de los bosques tropicales y la diversificación de la vegetación en su hábitat (Andresen *et al.*, 2018).

Lamentablemente, al igual que muchas especies biológicas en el antropoceno (Svampa, 2019), los primates se encuentran amenazados, en específico, estas tres especies con distribución en México están clasificadas en estado de “En peligro de extinción, (P)”, según la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010), emitida por la SEMARNAT en 2010 y han sido categorizadas como “En peligro” (Endangered, “EN”, por sus siglas en inglés) dentro de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN Red List) (Cortes-Ortíz *et al.*, 2020; Cuarón *et al.*, 2020; Cortes-Ortíz *et al.*, 2021). Estos primates, al habitar selvas tropicales, se enfrentan a las amenazas que existen en dichos ecosistemas, como las amenazas hacia la conservación de la RBLT (Estrada y Coates-Estrada, 1996), o en zonas cercanas a ciudades con un alto crecimiento turístico en el caribe mexicano (Spaan *et al.*, 2020). Dichos usos del hábitat han causado su fragmentación, lo cual disminuye su habitabilidad, y, en última instancia, causa el descenso de la densidad poblacional de estos animales y la diversidad genética de dichas poblaciones (Estrada *et al.*, 1999).

A su vez, estas tres especies se enfrentan al comercio ilegal en México, gracias a la afinidad de los humanos hacia estos animales o al placer y el sentido de pertenencia sobre ellos, como mascotas (Duarte-Quiroga y Estrada, 2003). La muerte de estos organismos no solo reduce sus poblaciones, pues, existen también consecuencias negativas al ecosistema a través de la falta de los servicios medioambientales que estas especies brindan, como la dispersión de semillas e indirectamente como un elemento determinante en la extinción de otras especies con las que los primates tienen interacción (Esparza-Rodríguez *et al.*, 2023).

## **2.2. La educación ambiental y la educación para la conservación.**

La comunicación entre la comunidad científica y el público no especializado es un elemento crucial que tiene como objetivo mejorar la conciencia científica pública, el interés por esta, la confianza para hablar de ella y la voluntad de participación en actividades relacionadas con ella (Burns *et al.*, 2003). Su efecto en nuestra sociedad es

un elemento que, innegablemente, afecta actualmente y en el futuro a la humanidad (Treise y Weigold, 2002). Lamentablemente, la falta de familiaridad con la ciencia en general, o con los descubrimientos científicos, genera barreras que dificultan el acercamiento de la gente a la misma (National Academies of Sciences, 2017).

El concepto de comunicación de la ciencia surge como respuesta a esta necesidad y se formaliza en el siglo XX (Trench y Bucchi, 2010), apoya la vinculación entre la sociedad y la comunidad científica, pues contribuyo más activamente en las decisiones para el desarrollo de las naciones, así como para el desarrollo de tecnologías con fines de salud, desarrollo social, desarrollo bélico, entre otros (Escobar, 2017).

Esto resulto entre las décadas de los cincuenta y setenta en la creación de diferentes organismos gubernamentales enfocados en la gestión administrativa, con el fin de vincular a la ciencia con la sociedad. Organismos gubernamentales como los consejos nacionales, por mencionar algunos, la fundación del consejo nacional de investigaciones científicas y técnicas (CONICET) de argentina en 1958 (Bekerman, 2016), el departamento administrativo de ciencias, tecnología e innovación (COLCIENCIAS) de Colombia en 1968, o la comisión nacional de investigación científica y tecnológica (CONICYT) de Chile, en 1969. (Franco-Avellaneda y Linsingen, 2011).

En México tenemos ejemplos de consejos, departamentos de universidades y asociaciones civiles, que entre sus objetivos, aplican esta vinculación con diversas estrategias como la educación, por ejemplo, el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, por sus siglas CONAHCYT, creado en diciembre de 1970 (De Sandi, 2022), la Dirección General de Divulgación de la Ciencia por sus siglas DGDC, que fue creada en 1997, por parte de la Universidad Autónoma de México (UNAM), que as su vez fue resultado de un programa de 1977 denominado “Programa experimental de comunicación de la ciencia con el apoyo de la Secretaria de Educación Pública” (Fierro-Gossman, 2003), y la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad creada en 1992 (CONABIO, 2012).

Para avanzar hacia la democratización del conocimiento y garantizar que la ciencia y la tecnología lleguen a todos los ciudadanos, surgieron nuevas estrategias de divulgación en colaboración con los medios masivos de comunicación. Como las

secciones dedicadas a temas científicos en periódicos, revistas, colecciones de libros sobre ciencia y programas de televisión. (Franco-Avellaneda y Linsingen, 2011).

La importancia de entender la relación entre la divulgación científica con respecto a otros conceptos como la educación ambiental (EA), radica en la similitud del momento en el cual se formalizaron dichos conceptos. Estos empezaron a aplicarse a la par, a través de los consejos e instituciones nacionales de cada país y organismos internacionales (Fierro-Gossman, 2003; Franco-Avellaneda y Linsingen, 2011). Dentro de la comunicación de la ciencia se incluían temáticas ambientales generales, sin embargo, la divulgación científica se enfoca en enseñar conocimientos generales de ciencias formales (física, química y biología) (Jasso *et al.*, 2021), mientras que la EA, además de tener objetivos similares, incluye la adquisición de valores, conciencia, cambio de comportamientos y actitudes pro-ambientales (Wals *et al.*, 2014).

El concepto de EA fue acuñado formalmente en 1969 por William B. Stapp en su artículo "The Concept of Environmental Education", en este contexto, el termino surge como una estrategia con el objetivo de producir una ciudadanía conocedora del ambiente biofísico, su inherente relación con él, sus problemáticas asociadas, con actitudes de preocupación sobre la calidad de dicho ambiente biofísico y motivada para trabajar hacia la solución de estas problemáticas. Lo anterior genera cambios en elementos como las actitudes, a través de la combinación de información factual y motivación emocional, que resulta en un "llamado a la acción".

En el marco internacional, la conceptualización formal de la EA inicio en 1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano celebrada en Estocolmo, Suecia, enfocada principalmente a las problemáticas ecológicas del mundo industrializado, de esta conferencia, destacó la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Posteriormente, en 1975 se celebró la primera conferencia internacional sobre EA en Belgrado, Serbia, lo cual trajo consigo la celebración de una ola de eventos formales sobre EA, la primera conferencia intergubernamental sobre la EA celebrada en Tiflis, más conocida por su nombre en inglés Tbilisi, Georgia, en 1977. En dichas conferencias, el concepto de EA se fijó como un proceso educativo integral dirigido a problemas de carácter interdisciplinario

relacionados con el ambiente, el desarrollo sostenible y el cuidado de los recursos naturales. Su enfoque reside en incidir sobre estudiantes y la ciudadanía en general, e incentivar la participación de estos sectores en la resolución de problemáticas actuales y futuras (Stapp, 1969; González-Gaudiano, 2001; Escobar, 2017).

En Latinoamérica, la insatisfacción social de necesidades básicas, problemáticas como la desnutrición, el analfabetismo, el desempleo y la insalubridad, son características importantes que deben considerarse para diseñar estrategias de EA, en paralelo con la concepción de dicho termino en países capitalistas bien desarrollados, los cuales no tenían dichas problemáticas específicas (González-Gaudiano, 2001).

La promoción de la EA en Latinoamérica se erige como una herramienta esencial para garantizar la preservación de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos, a través del fomento de la participación de la sociedad en la solución de problemáticas medioambientales, y la inclusión de la identidad de cada lugar dentro de dichas estrategias (Balvanera, 2012).

La aplicación de actividades de EA no solo tiene como finalidad aumentar los conocimientos sobre temas ambientales, pues también pretenden mejorar las actitudes y valores hacia el ambiente, a través de información certera sobre problemáticas relacionadas con la naturaleza, en distintos niveles. A su vez, esto los incentiva a tomar acciones ambientales positivas (Stapp, 1969; Ardoin *et al.*, 2020). Es de suma importancia evaluar la efectividad y pertinencia de estas iniciativas mediante estudios académicos que aporten evidencias para fortalecer el diseño de actividades, programas e iniciativas de EA (Ardoin, *et al.*, 2020; Ramos-Luna, 2020).

Stapp (1969), establece que la EA tiene como objetivo formar una sociedad con conocimientos sobre su ambiente biofísico, sus problemáticas y con la actitud para resolverlas. Dicho termino tiene antecedentes en otros conceptos relacionados, los cuales son: el estudio natural, la educación en exteriores y la educación para la conservación (EPC) (Disinger, 1985). Este concepto tiene sus primeras menciones a inicios del siglo XX, como resultado de la gran depresión estadounidense y el desastre ecológico denominado “tazón de polvo” o por sus siglas en ingles “dust bowl”, en este contexto, el concepto de EPC fue aplicado como una herramienta crucial que ayudo a

resolver las problemáticas sociales, económicas y ambientales presentes, con un enfoque más dirigido en la adquisición de habilidades proambientales que en la enseñanza de la historia natural (Eneji *et al.*, 2017).

Recientemente el término de EPC se refiere a un campo más acotado dentro de la EA, con una puntual diferencia de enfoque con respecto esta, pues la EA considera más la enseñanza sobre el mundo natural y la promoción de actitudes proambientales, sin un acercamiento explícitamente concreto en generar acciones de conservación, (Sherrow, 2010).

Jacobson (1995) redefine este término como al conjunto de actividades y programas diseñados para aumentar la conciencia y el conocimiento sobre la conservación de la naturaleza y el medio ambiente, con énfasis en el “enseñar para conservar los entornos naturales y las especies”. Estas actividades son a su vez denominadas “estrategias de alcance” (Outreach activities), e incluyen diversas aproximaciones metodológicas para la transmisión de información y para abordar temas puntuales con audiencias amplias (Jacobson, 1987). El aumento del conocimiento es el parteaguas para que un individuo adopte medidas sobre la promoción de la conservación (Ajzen *et al.*, 2011).

Entre las aproximaciones existentes para evaluar la utilidad de diferentes estrategias específicas de EPC, los cambios en estos elementos (conocimientos y actitudes), fungen como indicador de la efectividad de diferentes estrategias de alcance, al ayudar a resolver problemáticas ambientales específicas en públicos específicos (Jacobson, 1987; Jacobson, 2010). Aunado a lo anterior, el estudio de las percepciones socio-ambientales permite enriquecer la comprensión de la relación ser humano - naturaleza, lo cual, favorece al análisis de los procesos de enseñanza, pues ofrecen elementos para la construcción gradual del conocimiento, a partir de la información previa en diferentes públicos, por ejemplo los públicos estudiantiles, y, brindan un mecanismo crítico que contribuye a diagnosticar contextos específicos para el diseño de estrategias educativas exitosas (Cucurachi *et al.*, 2017).

El diseño de un programa de conservación exitoso depende del público objetivo, la cantidad de personas a las que se busque atender, y los aspectos sociodemográficos

de dicho público objetivo, aspectos como género, edad, nivel educativo, por mencionar solo algunos, a través de diferentes estrategias de EPC (Jacobson, 2010).

### **2.3. Educación para la conservación con recursos multimedia y medios audiovisuales.**

La “multimedia” es todo aquel elemento que presente una combinación de dominios conceptuales, funcionales y audiovisuales, como el sonido, imágenes, gráficos y el video, para su construcción (Reyna *et al.*, 2018). Los medios audiovisuales se integran dentro de las tecnologías de la información y comunicación como herramientas para crear y disseminar conocimiento de forma mediática (Nicolaou *et al.*, 2019), el uso de estas tecnologías incrementa las estrategias potenciales que se pueden utilizar dentro de programas de EA públicos variados (Fuente, 2020). El uso de la multimedia en el proceso de aprendizaje puede generar nuevos deseos e intereses, lo cual hará que los estudiantes tengan más motivación y estimulación en actividades de aprendizaje (Fuady y Mutalib, 2019). Así, la multimedia es un elemento formativo que incide en los conocimientos, emociones, conciencia ambiental, percepciones y actitudes (Wright, 2010; Leeds *et al.*, 2017; Udoudom *et al.*, 2023) de diferentes públicos.

La educación es un elemento que debe reinventarse constantemente, acorde al contexto contemporáneo en el que se desarrollan las generaciones actuales (Nicolaou *et al.*, 2019), a la par de la digitalización, e innovación tecnológica. Los medios audiovisuales potencialmente ayudan a que los estudiantes se sientan motivados a aprender nuevos conceptos, mientras miran materiales de video (Gutiérrez y Tyner, 2011). Aunque sean un medio pasivo de información, estos son más ilustrativos que las formas tradicionales escritas de transmisión de información, pues combinan texto, imágenes en movimiento y sonido. Cualquier tipo de medio audiovisual es personalizable, dependiente de las características, cultura y necesidades de los estudiantes (Nicolaou y Kalliris, 2020). Además, la narración digital de historias o información entregada contextualmente, de manera realista es intrínsecamente una experiencia interesante para información que es posible observar en persona (Wright, 2010; McCormack *et al.*, 2021).



## **2.4. Educación para la conservación en primates y su hábitat.**

La EPC sobre primates, a través de la aplicación y evaluación de actividades e intervenciones en diferentes públicos, tiene ya algunas décadas de existencia, con primeros antecedentes en la década de 1960, donde muchos investigadores, gracias a su trabajo en campo, identificaron varias problemáticas de conservación relacionadas con estos organismos. Lo anterior, generó esfuerzos de conservación en las regiones donde trabajaban dichos científicos, y la inclusión de un componente educativo dirigido a las poblaciones locales (Sherrow, 2010). Para que se generen estrategias exitosas de conservación de primates se requieren programas educativos específicos que planteen problemáticas relacionadas con estas especies (Franquesa–Soler *et al.*, 2020).

Dentro de la conservación de la biodiversidad existen indicadores que ayudan a entender el estado de esta, así como del cumplimiento de las metas en conservación sobre ellas, uno de estos indicadores, a nivel de especie, son las especies sucedáneas, dentro de esta clasificación de especies, existen las denominadas “Especies bandera”, las cuales son especies carismáticas, que atraen el apoyo comunitario para la implementación y desarrollo de programas de conservación que involucren a estas especies con el ecosistema ligado a ellas (Catalá, 2011). Debido a la naturaleza carismática de los primates, su rol cultural en diferentes países, su papel ecológico, su estado de conservación, su importancia en la investigación y el ecoturismo, los primates pueden entrar en esta categoría. Un programa de EA enfocado en estas especies puede fomentar comportamientos sostenibles de las comunidades locales, mejorar el apoyo del público a la conservación de los primates y su hábitat, reducir actividades ilegales como la caza furtiva, apoyar el cumplimiento y la creación de leyes ambientales, de manera que se abarquen diversas disciplinas (Jacobson, 2010).

La mayoría de los primates habitan en regiones tropicales de naciones en vías de desarrollo (Kling y Hopkins, 2015), por lo que contemplar los contextos socioeconómicos locales como los niveles de economía local y opciones limitadas de financiamiento es importante a la hora de diseñar programas de conservación (Fisher y Christopher, 2007). Es importante tomar en cuenta, para la aplicación de los programas, las perspectivas locales de un público objetivo específico con respecto a estas especies, pues, muchas

veces en estas comunidades los primates pueden ser una fuente de comida, lleguen a comisionar a personas locales para la extracción ilegal de ejemplares o haya conflictos con dichas especies en sus cultivos (Pinto–Marroquin *et al.*, 2021; Esparza-Rodríguez *et al.*, 2023). Lo anterior se debe a que dichas comunidades conviven diariamente con estas especies y su hábitat (Bernárdez-Rodríguez *et al.*, 2021), por lo que influir positivamente en estas comunidades puede llegar a cambiar estos comportamientos que atentan a la conservación de los primates.

Esta aproximación local coincide con lo expuesto por Jacobson (2010) y Dore *et al.* (2017), quienes plantean que, para tener éxito en la conservación a través de diferentes programas es necesario reconocer, visibilizar y construir la participación y aprendizaje bilateral entre los facilitadores y el público, lo cual repercute positivamente en los conocimientos, las actitudes y las percepciones de las comunidades, y apoya la adquisición de comportamientos pro-conservación. Aunque, para generar cambios respecto a el comportamiento ambiental de la gente, se debe poner en consideración diferentes factores, como los factores demográficos, factores externos (económicos, sociales y culturales) y factores internos, de entre los cuales se encuentra la motivación, el conocimiento proambiental y las actitudes (Kollmuss y Agyeman, 2002), es complicado cumplir todos los requerimientos a través de la aplicación de una herramienta específica, pero la aplicación y evaluación de dichas herramientas ayuda a establecer cuáles son más factibles.

A su vez, se establecen cinco roles clave para la realización de estrategias de conservación exitosas, las cuales son: i) El planificador, el cual tiene que contar con habilidades de pensamiento estratégico, identificación de objetivos específicos, desarrollo de cronogramas, asignación de recursos y creación del plan de acción, ii) El colaborador, quien funge como vínculo de los realizadores de las estrategias de EPC con las comunidades locales, agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales e investigadores, con el objetivo de compartir conocimientos y aprovechar recursos, iii) El rol psicológico, que se encarga de comprender el comportamiento humano, el estudio demográfico de la audiencia objetivo, las actitudes y motivaciones para adaptar mensajes educativos que impacten en los públicos

objetivos, el animador, quien ayuda a que las estrategias de EPC, pues estas necesitan atraer a las audiencias objetivo para el éxito de dichos programas, y por último, iv) El evaluador, un rol fundamental para establecer la efectividad de los programas y así, tomar decisiones informadas para mejorarlos, este rol diseña marcos de evaluación, recopilan y analizan datos, para medir el impacto de los esfuerzos de EPC (Jacobson, 2010). Esto ofrece así, estrategias que van desde la aplicación de charlas y actividades didácticas variadas, hasta proyecciones audiovisuales y difusión en redes sociales (Wright, 2010; Hamid *et al.*, 2017; Franquesa-Soler y Serio-Silva, 2017; Bernárdez-Rodríguez *et al.*, 2021; Twining-Ward *et al.*, 2022; Bezanson *et al.*, 2022).

Dentro de la EA en zonas tropicales, muchas investigaciones se centran en etapas tempranas del individuo, particularmente la niñez (Pellier *et al.*, 2014), debido a que en esta etapa se forman significativamente las bases del conocimiento que un individuo tendrá el resto de su vida (Guardado-Mendoza y Silva-Rivera, 2013). Además, se consideran los retos ambientales a los que se enfrentan las nuevas generaciones, como la contaminación, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. La mayoría de los esfuerzos en la EA se han desarrollado enfocados en estudiantes de educación preescolar, primaria y secundaria (Hernández, 2006; Guardado-Mendoza y Silva-Rivera, 2013; Sawitri, 2017; Salazar-Acuña y López-García, 2018).

## **2.5. La realidad virtual (RV).**

El término “realidad virtual” (RV) fue acuñado en la década de 1980 por Jaron Lanier, quien la describió como “la experiencia de inmersión en un entorno virtual generado por computadora” (Raja y Priya, 2021). Si bien, el término formal fue acuñado hasta 1987, esta tecnología tiene sus precedentes desde 1828, con la descripción del concepto de la estereoscopia, el cual es uno de los principios básicos para el desarrollo de la RV y la visualización 3D. La estereoscopia es la capacidad que tiene el cerebro para interpretar el volumen y la profundidad que tienen los elementos presentes en el campo de visión de un observador. Para lograr una correcta experiencia tridimensional, deben ser reunidas cuatro condiciones primordiales, estas son: la disparidad binocular, que es la diferencia de posición de cada uno de los ojos al observar algún elemento o imagen a través del sentido de la vista, la disparidad de profundidad, la cual se refiere a la capacidad de

ajustar la forma del cristalino para enfocar sobre la retina la imagen de un elemento observado, la convergencia, que se refiere a la superposición de las imágenes generadas por cada globo ocular, y el paralaje, que es la desviación angular de la posición aparente de un objeto, dependiendo del punto de vista elegido (Calderón-Zavala, 2011).

En la RV, la estereoscopia es utilizada para que, desde un medio digital, normalmente imágenes o videos, se pueda percibir una sensación de tridimensionalidad. Esto genera una inmersión más notable, gracias a dicha percepción (Ramírez-García, 2008). En los años posteriores se desarrollaron prototipos de aparatos que utilizaban este principio para crear imágenes tridimensionales con el objetivo de que el observador viviera una experiencia inmersiva, para varios fines como el entretenimiento, la educación y el entrenamiento de actividades. Un ejemplo de este desarrollo encontramos el “Link Trainer” desarrollado por Edward Link en 1929, que era un simulador de vuelo funcional para pilotos militares de la Primera Guerra Mundial, este hito histórico sentó las bases para el desarrollo de las tecnologías de espacios simulados, posteriormente, en 1962, se desarrolló el “sensorama” por Morton Heilig, quien utilizó diferentes aditamentos para crear una experiencia inmersiva, el cual incluía una pantalla estereoscópica (King, 2013).

En las últimas dos décadas se han desarrollado diversas formas de aplicar y visualizar esta tecnología, a través del uso de dispositivos como ordenadores de escritorio, ordenadores portátiles, consolas de video, y principalmente dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, para mejorar la inmersión de los usuarios ()

Paralelamente al desarrollo de visores como el Google Cardboard de Google, el HTC Vive, o los visores de la empresa Oculus. Esto, en conjunto brinda una amplia gama de opciones para la visualización de contenido en RV, y, las aplicaciones ligadas a ella, con el uso del ya mencionado principio de la estereoscopia para ofrecer experiencias de RV (Trindade *et al.*, 2002; Bryson, 2013; Raja y Priya, 2021).

## **2.6. La realidad virtual inmersiva (RVI) y en 360°.**

Existen diferentes parámetros para clasificar a la RV, una de estas clasificaciones, de acuerdo con Ramírez-García (2008), presenta dos tipos de RV: la realidad virtual

inmersiva (RVI) y la no immersiva (RVNI). En la RVI el usuario está dentro de un “mundo” o medio totalmente virtual. La RVI utiliza herramientas para poder complementar la percepción de la inmersión, como guantes, trajes hápticos y visores con pantalla integrada llamados comúnmente “Head-Mounted display” o “HMD”. Estos visores hacen que el usuario se aisle hasta cierto grado y visualice un entorno digital, esto hace que la RVI sea ideal para aplicaciones de entrenamiento, periodismo, y capacitación (Buttusi y Chittaro, 2018; Ambrosio y Fidalgo, 2019). Por otro lado, la RVNI es aquella en la que hay alguna pantalla o monitor que funciona como la forma de visualización del “mundo” virtual, y la interacción es por mediante hardware como el teclado, el micrófono, ratón, joystick, etc. (Ramírez-García, 2008).

Una de las formas en las que se puede visualizar la RVI es por medio del video en 360° (RVI360°). Este tipo de video se caracteriza por proveer al usuario un entorno omnidireccional (Snelson y Hsu, 2019). Recientemente, la producción de materiales que utilizan esta modalidad ha ido en aumento, gracias a los avances en términos tecnológicos y en la adaptación de empresas como Google y Meta, por medio de sus plataformas YouTube y Facebook respectivamente, para promover servicios de visualización de videos en 360°. Esto ha permitido una progresiva democratización, en torno a la posibilidad de visualizar contenido en 360° por medio de los exploradores web en ordenadores de escritorio o portátiles, smartphones, tabletas digitales, con o sin HMD (Choi *et al.*, 2018).

Compañías de medios como el Wall Street Journal, The Guardian o la BBC han implementado esta tecnología como recurso periodístico en años recientes (Mabrook y Singer, 2019; Almquist y Almquist, 2017). De esta forma, videos filmados en 360° y codificados para ser apreciados en RV, permiten al usuario interactuar con un entorno digital a través de un ambiente virtual o grabado en formato de video en 360° por medio de un HMD. En esta configuración hay una ventana gráfica la cual el usuario mediante su movimiento corporal define posición espacial en el entorno virtual, y, mediante el movimiento de su cabeza, define la dirección y el espacio que observa. Lo cual depende del HMD que se utilice, pues este, define el campo de visión o FOV (Field of Vision) específico que el usuario pueda experimentar, en el caso de las marcas más comerciales

de HMD como los Google Cardboard, Daydream y Samsung Gear el FOV es de 100°, y en el caso del Oculus Rift y el HTC Vive es de 110°, el campo de visión es importante para generar una buena experiencia de inmersión a través de los HMD. Además, estos videos requieren tener una resolución mayor a 4K (3840 X 2160 píxeles), para que la resolución visualizada a través de la ventana gráfica sea lo suficientemente definida. Para la aplicación de una experiencia de visualización que utiliza el video en RVI360°, es necesario adaptar las pantallas a patrones de proyección, como la visión estereoscópica, siendo este, el patrón de proyección estándar para la de este tipo de contenidos. También existe el video equirectangular, mapa cúbico, piramidal, o mapa de cubos condensado (Yaqoob *et al.*, 2020).

Otro elemento importante para producir un video en 360° es la cámara, al ser un tipo de recurso multimedia que implica la grabación total de un entorno, es necesario utilizar cámaras que registren imágenes en diferentes ángulos, las cuales son procesadas e interpretadas por medio de un software de edición de video y visualizadas por medio de una ventana gráfica (Almquist y Almquist, 2017).

## **2.7. La RV como herramienta educativa.**

A partir de la década de 1990, distintos dispositivos digitales como ordenadores, dispositivos móviles o estéreos se han utilizado como herramientas educativas, por ejemplo, entre los años de 1997 y 2006, el uso del internet formó parte de las herramientas de aprendizaje y enseñanza de vanguardia en varios países. En el periodo de 2007 a 2016, el aprendizaje digital se estandarizó para aplicar técnicas de enseñanza (Radianti *et al.*, 2020). Últimamente, a través de diversas plataformas digitales para la educación online debido a la pandemia del SARS-CoV-2 (COVID-19) (Teymori y Ali-Fardin, 2020). La relación de la RV con la educación comenzó a documentarse y evaluarse a partir de la década de 1990, para ser más específicos en 1994, para posteriormente continuar de manera lenta hasta la llegada de un tipo de HMD, los Google Cardboard, que por lo menos en la educación, resultaron ser un elemento que produjo un incremento en el número de publicaciones que demuestran el impacto de este dispositivo de bajo costo en actividades educativas con el uso de la RV (Roda-Segarra

*et al.*, 2022). En general, este hardware ligado a la RV ha favorecido la democratización al acceso a esta tecnología (Radianti *et al.*, 2020).

En la última década, se ha puesto a prueba el uso potencial de esta herramienta tecnológica en procesos educativos de enseñanza y entrenamiento, con una prevalencia de países como estados unidos y china en la evaluación de estos elementos como herramientas educativas (Durukan *et al.*, 2020; Roda-Segarra *et al.*, 2022; Rojas-Sánchez *et al.*, 2023), dichas evaluaciones ocurren mayormente dentro en áreas de aprendizaje como la salud humana, las ingenierías y las ciencias (Kavanagh *et al.*, 2017). Estas herramientas se han aplicado en estudiantes de educación superior (Radianti *et al.*, 2020), y otros niveles más básicos donde se evalúan características relacionadas con la retención de información, adopción de conocimientos, actitudes hacia la experiencia de uso de la RV, opiniones de los participantes, sentido de inmersión o presencia. (Kavanagh *et al.*, 2017; Durukan *et al.*, 2020).

Kavanagh *et al.* (2017), mencionan algunos problemas observados en el uso de la RV para la educación. Se establecen tres categorías para estos: i) Los problemas de entrada o “Input issues” que se refieren a la visualización y uso del hardware relacionado con la RV, ii) Los problemas de salida o “Output issues” los cuales señalan a la experiencia en sí, como la falta de realismo y la usabilidad del software utilizado, y, por último, iii) La utilidad real de la RV para la educación, en la cual la falta de compromiso de los estudiantes y la ineffectividad de las evaluaciones no han permitido apreciar el verdadero efecto de la RV. A pesar de lo anterior, la RV ha demostrado mejorar aspectos como la motivación, la adquisición de conocimientos, con efectos positivos en factores específicos de los estudiantes como la presencia, el compromiso, la manifestación de emociones y la empatía por los temas a los que se les expuso, con evidentes ventajas en el aprendizaje (Freina y Ott, 2015; Kavanagh *et al.*, 2017; Pirker y Dengel, 2021).

Dentro de la categoría de uso de la RVI como herramienta educativa, Halabi (2020) menciona que el desarrollo de aplicaciones de RV para la educación ha sido efectivo para reducir el tiempo y la dificultad de aprendizaje, en este caso, relacionado con la enseñanza de temas aplicados a ingenierías. La RV aumenta la motivación y creatividad de los estudiantes, e incrementa las habilidades para la resolución de

problemas. La RVI ha demostrado incrementar la motivación, el aprendizaje y el sentido de inmersión en experiencias educativas que utilizan esta herramienta (Frien y Ott, 2015), en entornos o ambientes en los cuales el usuario no está presente (Choi *et al.*, 2018), comparados con entornos no inmersivos a través de ordenadores, computadoras portátiles, tabletas, teléfonos celulares, etc. (Hamilton *et al.*, 2021), generalmente en estudiantes de educación superior, con evaluaciones a corto plazo (Radianti *et al.*, 2020).

En evaluaciones con el uso de la RVI360°, los recientes resultados reflejan la misma tendencia de señalar a esta clasificación de realidad virtual como una herramienta que mejora el desempeño del estudiante en la retención de conocimiento y la motivación por aprender. También, se destaca la existencia de efectos positivos en las percepciones, el compromiso y el sentido de empatía de los estudiantes hacia diferentes temáticas, con un mayor número de evaluaciones en estudiantes de educación superior (Yusof *et al.*, 2019), lo cual apoya la idea que plantea como las experiencias inmersivas tienen potencial en diferentes áreas de enseñanza/aprendizaje, no solo al influir en el aprendizaje factual, sino también en el cambio de actitudes, el aumento de interés y el compromiso (Pirker y Dengel, 2021); El uso de esta clasificación de RV, es respaldado por Di Natale *et al.* (2020), quienes proponen que es necesario explorar otras herramientas inmersivas, como la RVI360°, pues, al combinar muchas veces los smartphones y HMD genéricos, podemos tener una experiencia de RV accesible, de bajo costo, fácil de usar y que presenta interactividad.

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Uso de materiales audiovisuales para la educación ambiental y la conservación de los primates.**

El uso de materiales audiovisuales en la EA presenta una opción con resultados favorables, a través del uso de las tecnologías de la información, debido a la necesidad de generar nuevos enfoques en las formas de enseñanza tradicional (Nicolaou *et al.*, 2019). La información comunicada a través de símbolos visuales puede inspirar las emociones y actitudes de los estudiantes (Fuady y Mutalib, 2019). Así, los medios



audiovisuales tienen potencial como elemento formativo para la conciencia ambiental, además de que promueven hábitos de sustentabilidad (Maidunoma y Falmatami, 2018; Romero-Luis, 2023; Silk *et al.*, 2021). Loetsch (1990), menciona cómo los problemas ambientales deben ser abordados en una variedad de instrumentos audiovisuales, y, sugiere que a través de un enfoque narrativo en los documentales es como podrá aumentar la motivación de la sociedad sobre diferentes temas de conservación.

Por otro lado, Jones *et al.* (2019) destacan como los documentales de conservación como “Our planet”, han demostrado repetidamente influir de manera positiva en las actitudes hacia la vida silvestre; mencionan también que, hasta el momento, se carece de una comprensión más matizada con respecto a cómo las decisiones artísticas y narrativas de estos documentales influyen en el cambio de comportamiento. Las plataformas de video por transmisión e internet como Netflix, Star+, Amazon Prime, YouTube; canales de televisión como Discovery Channel, Animal Planet (Horak, 2006), o Canal Once en México, brindan opciones para la visualización de este tipo de contenido. Diferentes autores recomiendan el trabajo conjunto entre realizadores de documentales de naturaleza e investigadores para la realización de estas producciones, donde se evalúe constantemente el impacto de los documentales de vida silvestre, con el objetivo de utilizarlos como herramientas de EPC (Aitchison *et al.*, 2021). Kleinhenz y Parker (2017), apoyan la potencial utilidad de los documentales de naturaleza para la conservación, a través de la adquisición de conocimientos sobre problemáticas ambientales, y el cambio de actitudes. Esto destaca como las historias de conservación positivas influyen en la promoción de estos elementos. Además, dichos medios también han demostrado aumentar el apoyo hacia iniciativas políticas en conservación (Goodman *et al.*, 2016).

En la conservación de primates se han reportado diversas estrategias de EA, con el uso de diferentes herramientas educativas (Jacobson, 2010; Franquesa-Soler *et al.*, 2020; Bezanson *et al.*, 2022), entre las cuales encontramos a los medios audiovisuales. En los últimos años, se ha presentado un incremento en la producción audiovisual de documentales sobre primates. Esto es importante gracias a que los documentales pueden influenciar en las percepciones de la gente (Riley-Koenig, 2023). Debido a este

aumento, se han tratado de clasificar estos productos audiovisuales desde diferentes enfoques. Una de las clasificaciones más recientes dentro de este tipo de productos audiovisuales, es la propuesta por Riley-Koenig y Koenig (2022), quienes engloban a los documentales de vida silvestre sobre primates basados en su narrativa. Entre estas clasificaciones encontramos los documentales de “Ficha azul” (“Blue chip”, en inglés), que se caracterizan por ser visualmente impresionantes y controversiales en su mensaje; los documentales de conservación, que abordan problemáticas específicas con el objetivo de promover la conciencia y comportamientos proambientales; y los docudramas, que tienen una narrativa antropomorfizada, y tramas muy desarrolladas.

Debido a que la representación de los primates a través de los productos audiovisuales ha sido poco estudiada, representación relacionada con su impacto en la conservación, recientemente, se han evaluado diversos productos audiovisuales a través de diferentes propuestas con diseños específicos. En su mayoría, se aplican estas herramientas en diferentes públicos de comunidades rurales donde habitan diferentes especies de primates, por ejemplo, mediante la evaluación de estas herramientas a corto plazo, para la conservación de gorilas (Breuer *et al.*, 2017), sobre la conservación de grandes especies de primates (chimpancés y gorilas) en estudiantes de educación primaria en el plazo de un año (Leeds *et al.*, 2017), al mencionar el efecto de estas herramientas a corto plazo (Wright, 2010), o con orangutanes en estudiantes universitarios a corto plazo (Pearson *et al.*, 2011).

En México, a su vez, se han registrado algunas cuantas aproximaciones con las tres especies que se distribuyen en el país. Ramos-Luna (2020), evaluó la efectividad de un documental creado con la participación de comunidades locales en la RBLT, registro el cambio en cuanto a los conocimientos, percepciones y actitudes de estas comunidades, respecto a la conservación de los primates distribuidos en esta reserva. El registro de estas variables fue a través de un cuestionario dividido en tres secciones, para el apartado de conocimientos se utilizaron preguntas de opción múltiple, y los apartados de percepciones y actitudes, se utilizó la escala de Likert. Al integrar una perspectiva comunitaria y dirigir el contenido a un público heterogéneo, enfatizó la importancia de partir del contexto local, para establecer conexiones efectivas con las

audiencias. Aunque se observaron mejoras en la sensibilización y una mayor disposición hacia la conservación, los resultados variaron entre localidades y no siempre fueron estadísticamente significativos. Esto sugiere que, si bien el documental participativo tuvo un impacto favorable, la efectividad de este puede depender de factores socioambientales no contemplados, y menciona la necesidad de evaluar la efectividad de estas herramientas a mediano y largo plazo, o el uso de video descriptivo en sitios rurales y urbanos de locaciones cercanas y lejanas al hábitat de los primates, a corto y mediano plazo (Carrera-Barrojas, 2017).

Para evaluar estas intervenciones, muchas de ellas parten de información anecdótica, o de aproximaciones cualitativas, dándole valor a estas herramientas a través de la mejora de variables como el conocimiento hacia estas especies, las actitudes de conservación, la respuesta emocional, el interés por el tema y el cambio en las percepciones. Estos estudios mencionan que estas herramientas presentan cambios positivos significativos en el conocimiento sobre los primates. Los documentales pueden o no afectar el cambio de actitudes o percepciones a favor de la conservación de primates, pues depende mucho de los objetivos de conservación que se pretendan cumplir (Jacobson, 2010; Ramos-Luna *et al.*, 2024). Dichos hallazgos funcionan como un indicador de la efectividad de los materiales audiovisuales como herramientas de EPC de primates (Jacobson, 2010; Leeds; 2017). Estos objetivos se alinean con el desarrollo de la EA, los cuales han cambiado con el tiempo, pero se pueden englobar en conocimiento y fomento ecológico, conciencia conceptual de problemas y valores, investigación y evaluación de problemáticas, y participación y habilidades ambientales (Fang *et al.*, 2023).

### **3.2. Realidad virtual como herramienta de educación ambiental.**

Al evaluar la RV como herramienta educativa en temas de EA, la mayoría de los estudios demuestran su efectividad sobre cambios positivos en actitudes, conocimientos, emociones y comportamientos proambientales, sobre tópicos relacionados con el cambio climático (Markowitz y Bailenson, 2021; Adanin, 2020), la promoción de normas proambientales (Kleinlogel *et al.*, 2023), para el financiamiento de programas de conservación (Nelson *et al.*, 2020) y para la conservación de diferentes especies de

animales y de ecosistemas amenazados (Tudor *et al.*, 2018; Filter *et al.*, 2020; Fokides y Arvaniti, 2020; Harditya y Matahari, 2021; Ou *et al.*, 2021; Spangenberg *et al.*, 2022)

Spangenberg *et al.* (2022) evaluaron la RVI360° contra un video no inmersivo sobre la importancia de los árboles en adultos jóvenes de entre 22 y 35 años convocados de manera voluntaria. El objetivo del estudio fue analizar el impacto de estas tecnologías en la relación del humano con dichos organismos. Los resultados sugieren que visualizar ecosistemas o naturaleza a través de la RV no parece ser suficiente para crear un efecto significativamente positivo. Sin embargo, el factor inmersivo de la RV provocó procesos reflexivos sobre el papel de los participantes en la naturaleza y un mayor interés en los participantes.

Filter *et al.* (2020) evaluaron la RVI360° comparándola con un escenario no inmersivo en estudiantes de educación superior, utilizando el mismo producto audiovisual en ambos casos (un video en RV). El objetivo fue medir los cambios en actitudes, interés, alegría y miedo de los participantes respecto a los lobos salvajes en Europa. Los resultados demostraron que el escenario inmersivo mediante HMD indujo mayores niveles de interés, incluso en personas con actitudes negativas hacia estos organismos. Así, los productos audiovisuales con RVI360° generaron experiencias con resultados de aprendizaje afectivo positivos.

Fokides y Arvaniti (2020) realizaron un estudio en alumnos de educación primaria, al comparar la RVI360° contra materiales impresos y páginas web, con el objetivo de abordar el tema de la importancia de los ecosistemas principales en Grecia y sus problemáticas de conservación. Se utilizaron hojas de evaluación, aplicadas previa- y posteriormente. Se usaron, en las encuestas, preguntas abiertas y de opción múltiple, para medir conocimientos, también se usó la escala de Likert para evaluar la motivación, facilidad de uso, disfrute, utilidad e inmersión, hacia el tema tratado. Los resultados indican que aquellos estudiantes a los que se les presentaron los recursos educativos en RVI360° obtuvieron mejores resultados de aprendizaje, además del sentido de presencia. Por otro lado, todas las herramientas se consideraron igualmente motivadoras y efectivas.

Ou *et al.* (2021), encontraron que el video inmersivo es una herramienta más efectiva, comparándola con materiales de enseñanza multimedia tradicionales, para la educación sobre ecología de los humedales, en dos grupos de estudiantes de entre 12 y 13 años, en Taiwán. Se utilizaron también pruebas previas y posteriores, comprendidas de secciones de opción múltiple y escala de Likert para la motivación de aprendizaje, donde los dos lograron el objetivo de mejorar el aprendizaje, pero la motivación y la experiencia educativa fue significativamente mejor en el grupo experimental con RV, con énfasis también en el fácil acceso al hardware de bajo costo utilizado.

A su vez, Kleinlogel *et al.* (2023), realizaron un estudio que se centró en la promoción de comportamientos sostenibles en el hogar, se examinó la efectividad de distintos formatos de campañas promocionales, como el formato impreso, video y realidad virtual, en la transmisión de conocimientos proambientales y actitudes hacia el ahorro de energía. Los resultados indicaron que la información recibida a través de RVI generó una mayor disposición hacia el ahorro de energía y un cambio en el uso de productos y electrodomésticos en comparación con los medios tradicionales.

En general, la información presentada anteriormente, evidencia que existe un gran potencial en la tecnología de la RVI360° para lograr experiencias educativas innovadoras efectivas que ayuden a mejorar el conocimiento, e influir positivamente en las actitudes y percepciones en temas de EPC, aun así, los estudios anteriores sugieren que es necesario evaluar este tipo de herramienta en otros contextos, con otras temáticas, pues la mayoría de estos estudios no tienen mucho tiempo de haber sido publicados y los resultados pueden llegar a ser contradictorios entre algunos estudios.

#### **4. JUSTIFICACION**

El presente trabajo pretende evaluar a través de una metodología experimental, el uso de dos herramientas de EPC, aplicadas a los primates silvestres mexicanos: las charlas convencionales apoyadas de recursos multimedia y el video en RVI360°.

La aplicación de tecnologías emergentes, como la RVI360°, ofrece una oportunidad única para abordar de manera creativa la EPC de especies, como los primates, en adolescentes. Este grupo atraviesa un periodo de desarrollo cognitivo significativo, lo que los convierte en un público clave. Sin embargo, la falta de estudios que evalúen el impacto de herramientas educativas de conservación en esta etapa resalta la necesidad de explorar su potencial. Al mismo tiempo, el uso de la RVI ha mostrado resultados preliminarmente positivos en otros públicos, lo cual genera mayor conciencia, interés, actitudes favorables y adquisición de conocimientos, lo que apoya la eficacia de estas herramientas.

La elección de los primates silvestres como temática para la realización de intervenciones de EPC es relevante debido la oportunidad que presentan estas especies, por sus similitudes con los seres humanos y las problemáticas de conservación a las que se enfrentan.

El video documental de naturaleza a través de RVI360° brinda la oportunidad de evaluar tecnologías que hasta los últimos años se han popularizado, a través de herramientas que apoyen la utilización de los medios audiovisuales para la conservación de especies amenazadas. A través de una aproximación cuantitativa, al comparar tres diferentes indicadores clásicos, como lo son los conocimientos acerca del tema, las actitudes y las percepciones. Gracias a la popularización de la RV, cada vez es más frecuente encontrar unos visores especiales para dicha tecnología, muchos celulares actualmente tienen la tecnología necesaria para tener una experiencia decente sobre este tipo de medios, lo cual pone dichas tecnologías más accesibles a comunidades más alejadas de las grandes urbes, y con mayor cercanía con el hábitat de los primates, lo cual genera efectos más tangibles sobre la conservación de los primates, su hábitat, e incentiva el diálogo entre estas comunidades y los facilitadores que gestionen este tipo de actividades.

## **5. HIPOTESIS**

El video en RVI360° será más efectivo que la charla convencional como herramienta de EPC, al influir positivamente en conocimientos, actitudes y percepciones sobre los primates y el trabajo en primatología en campo en adolescencias de nivel preparatoria.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo general.**

Comparar la utilidad de un video inmersivo y una charla convencional como herramientas de EPC en la promoción de conocimientos, actitudes y percepciones sobre la primatología y los primates silvestres en estudiantes de nivel preparatoria.

### **6.2. Objetivos específicos.**

1. Producir herramientas educativas (video inmersivo y charla convencional) para realizar intervenciones de EPC de los primates silvestres y el que hacer de la primatología.
2. Contrastar las diferencias en los conocimientos, actitudes y percepciones pre-intervención de estudiantes en nivel preparatoria sobre los primates silvestres y la labor de la primatología, en relación con la cercanía de los participantes a ANP con presencia de primates y el grado de urbanización.
3. Determinar si existen diferencias significativas entre pre- y post- intervención en cada una de las dos herramientas para la conservación sobre conocimientos, actitudes y percepciones acerca de los primates silvestres y su conservación.
4. Contrastar de forma cuantitativa los resultados posteriores de ambas herramientas en los estudiantes de educación preparatoria, en relación con la cercanía de los participantes a ANP con presencia de primates y el grado de urbanización.

## **7. MATERIALES Y METODOS**

### **7.1. Aproximación metodológica general.**

Este trabajo se enfoca en la investigación de las potenciales formas de aplicar programas de EA, y en específico, EPC de primates, a través del uso de herramientas tecnológicas y medios audiovisuales. Se seleccionaron cuatro escuelas de educación media-superior, ubicadas en 4 sitios en los estados de Veracruz y Oaxaca, sitios elegibles por sus características respecto a su vegetación, presencia de primates y número de habitantes. Para evaluar el documental en RVI360° con respecto a una charla convencional con presentaciones personalizada, se dividió a los participantes en dos grupos en cada sitio. Las calificaciones de los participantes fueron recabadas a través de encuestas, divididas en tres secciones cada una, para los conocimientos, una sección de preguntas de opción múltiple, y, para las secciones de percepciones y actitudes, la escala de Likert, con el objetivo de obtener datos numéricos y tener una aproximación cuantitativa. Las respuestas fueron calificadas con puntuaciones numéricas y una vez obtenida las puntuaciones pre- y post- intervención, se evaluó la normalidad de los datos a través del programa estadístico “R” (Versión 4.3.3). Las diferencias resultantes de la aplicación de las dos intervenciones se compararon a través del uso de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon y el análisis de varianza (ANOVA de dos vías). (Ramos-Luna, 2020; Filter *et al.*, 2020; Ou *et al.*, 2021).

La metodología consistió en cuatro etapas definidas, las cuales fueron las siguientes:

#### **7.1.1. Periodo de visita de reconocimiento y definición de los sitios de aplicaciones de las intervenciones educativas.**

Se visitaron seis instituciones de educación media superior en zonas cercanas y lejanas a la RBT. Al final, se seleccionaron cuatro de ellas para implementar las intervenciones de EPC, basándose en la logística del proyecto y las actividades específicas de cada institución. Estas fueron: el telebachillerato de Sontecomapan, el colegio de bachilleres del estado de Veracruz N°70, el colegio de bachilleres del estado de Oaxaca N° 07 y el colegio de bachilleres del estado de Oaxaca N° 54. Se priorizó el contacto personal con



las autoridades de cada institución. Durante estas visitas preliminares, se presentaron los objetivos del proyecto a directores, coordinadores y maestros, mencionando en primera instancia la implementación de dichas intervenciones. Se aclaró que no era necesario registrar información personal de los participantes para los objetivos de la investigación, pero se diseñó un formato de consentimiento informado en caso de ser necesario trabajar con los participantes.

### **7.1.2. Periodo de preproducción, producción y postproducción del video inmersivo.**

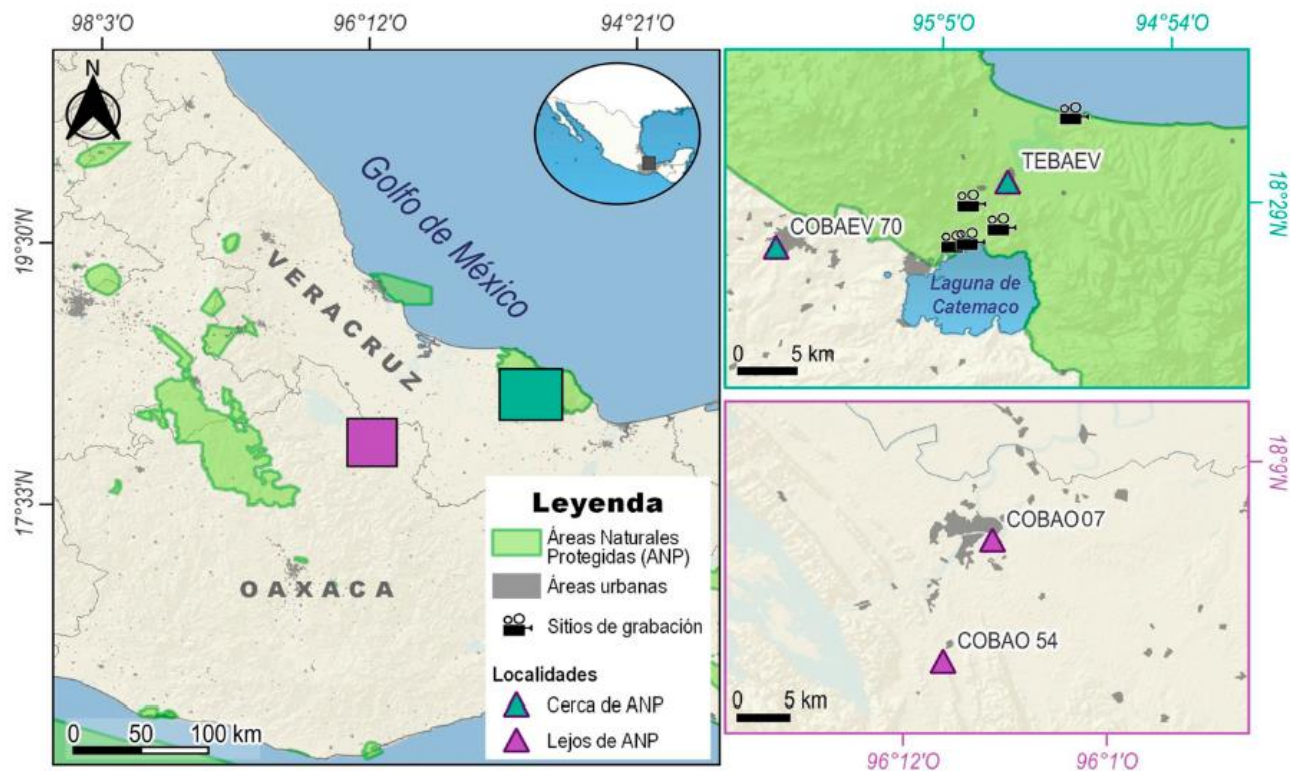
Durante este período, se estableció la dinámica de producción de un video inmersivo sobre una de las especies de primates silvestres que habitan en México, los monos araña (*Ateles geoffroyi*). Se eligió una narrativa de documental que combina aspectos de conservación y la presentación por parte de un narrador, de acuerdo con la clasificación de documentales de naturaleza de Koenig y Koenig en 2020 (Anexo 2). Se grabaron en cinco locaciones dentro de la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas: Las Ánimas Tegola en Catemaco, Veracruz (18.444880, -95.080873), Colonia "Bet-El" en Catemaco, Veracruz (18.459903, -95.043521), Rancho Bandera en Catemaco, Veracruz (18.556791, -94.985027), Barra de Sontecomapan en Catemaco, Veracruz (18.556791, -94.985027), y Buena Vista en Catemaco, Veracruz (18.480572, -95.067964), dentro de la Unidad de Manejo Ambiental "Hilda Bravo de O'Farril" del Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana. Para la producción, se utilizó una cámara Insta360 modelo X3 para grabar en formato 360° con una resolución máxima de 5.7K, una capturadora de audio y un dron DJI Phantom 3 Standard para capturar tomas aéreas. La edición del video se llevó a cabo con el uso de Adobe Premiere Pro-Versión 23.0.

### **7.1.3. Periodo de aplicación de las encuestas previas, aplicación de las intervenciones EPC y aplicación de las encuestas posteriores.**

Una vez establecidas las fechas de aplicación de las intervenciones de EPC, se visitaron dichas escuelas, en dos sesiones, divididas en dos días. El primer día se aplicó el cuestionario de manera previa y el segundo día se implementaron la charla convencional y el material en RVI360° para inmediatamente después aplicar el mismo cuestionario.

## 7.2 Área de estudio.

El área de estudio se extendió alrededor de cuatro sitios, ubicados en los estados de Veracruz de Ignacio de la Llave y Oaxaca. Las intervenciones se llevaron a cabo en escuelas de nivel bachillerato con estudiantes entre los 15 y 20 años, una institución de educación media superior por localidad.



**Figura 1.** Área de estudio en las localidades cerca/lejos a un ANP federal; Escuelas de nivel superior seleccionadas en cada sitio; Sitios de grabación del documental. Elaboración del mapa Adriana Sandoval Comte. Metadatos obtenidos de: <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/anpmx.html> (CONABIO y CONANP, 2024).

Dos de los sitios seleccionados están ubicados cerca de un ANP federal con presencia de primates (RBT), en el estado de Veracruz, mientras que los otros dos sitios (NORBT) se ubican lejos de algún ANP federal, pero dentro del rango de distribución histórica de primates, con el mismo tipo de vegetación predominante en la zona, la cual es de vegetación de bosque tropical perennifolio (Challenger y Soberón, 2008; Von

Thaden, 2020), en la región política del Papaloapan en el estado de Oaxaca (González-Pérez *et al.*, 2017).

### **7.2.1. Sitios de estudio.**

Se seleccionaron cuatro instituciones de educación media superior que cumplieran con los siguientes dos principios, 1) cercanía(RBT)/lejanía (NORBT) a zonas donde exista un ANP federal donde se distribuyan al menos una de las 3 especies de primates silvestres y, 2) cantidad total poblacional de cada uno de los municipios o localidades potenciales, dividiéndola en dos categorías <2,500 habs. (RURAL), y >2,500 habs. (URBANO), de acuerdo con la clasificación de sitios poblacionales del INEGI (INEGI, 2020).

De esta manera, se seleccionaron, en San Andrés Tuxtla, municipio con una población aproximada de 64,400 habitantes, al colegio de bachilleres del estado de Veracruz Número 70 [Coord. 18.440840, -95.225369], por sus siglas COBAEV N° 70, en Sontecomapan, localidad perteneciente al municipio de Catemaco, Veracruz, con un aproximado de 2400 habitantes; al telebachillerato de Sontecomapan [18.497759, -95.037989], por sus siglas TEBAEV “Sontecomapan”, en San Juan Bautista Tuxtepec, municipio con aproximadamente 103,609 habitantes; al colegio de bachilleres del estado de Oaxaca Número 54 [18.073277, -96.118822], por sus siglas COBAO N° 07 y en Tierra Negra, localidad perteneciente al municipio de San José Chiltepec, Oaxaca, con un aproximado de 235 habitantes, al COBAO N° 54 [17.954591, -96.163663].

### **7.3 Descripción de las intervenciones educativas de conservación y su implementación.**

Dentro de los contenidos que se expusieron a través de la charla de EPC y el video inmersivo se plantearon los siguientes puntos importantes:

#### **A) Introducción a la Biodiversidad y los bosques tropicales:**

- Definición general de los bosques tropicales.
- Importancia de los bosques tropicales como ecosistemas ricos en biodiversidad, recursos naturales y como patrimonio natural.

#### **B) Características de los bosques tropicales mexicanos:**

- Ubicación geográfica de los bosques tropicales en México.
- Descripción de la flora y fauna típica de estos bosques.

C) Los primates silvestres:

- Introducción a la diversidad de primates presentes en México.
- Importancia de los primates en los ecosistemas, su papel en la dispersión de semillas y el concepto del dermatoglypho.

D) Amenazas a las cuales se enfrentan los primates silvestres.

- Deforestación, fragmentación y pérdida de hábitat.
- Caza furtiva y tráfico de especies.

E) Conservación de primates silvestres y su hábitat.:

- El papel de la sociedad y la educación en la conservación.
- La necesidad de cambios de actitud y comportamiento en la sociedad.

Como se menciona, el video en RVI360° y la charla siguieron las mismas temáticas, se presentó una perspectiva inmersiva y envolvente alineada con el contenido temático de la charla.

Para la construcción narrativa del documental se decidió usar una combinación de géneros de video documentales para la conservación de primates propuesta por Koenig y Koenig (2020), dichos géneros fueron documental de vida silvestre “de conservación” y documental de vida silvestre “liderado por presentador”. Con el fin de presentar una problemática específica, transmitir conocimientos, incrementar la conciencia e influir en actitudes a favor de los primates.

La narrativa del documental consta de un relato sobre como un biólogo especializado en el estudio de la primatología actúa en campo, con el objetivo de estudiar a este grupo específico de vertebrados, así como registrar sus avistamientos en el bosque tropical, pues, al adaptar esta información a través del proceso de contar relatos,

se genera mayor empatía e interés, lo cual puede llegar a influir positivamente en las creencias, actitudes y comportamientos en diferentes disciplinas (McCormack *et al.*, 2021). A través de dicha narrativa, se muestran las generalidades de estos animales, la diversidad de estos organismos en el país, su alimentación, modo de vida, distribución, relación con su hábitat, importancia en el ecosistema y sus amenazas relacionadas con actividades humanas, dicho relato, se contextualizó espacialmente en la reserva de la biosfera de los Tuxtlas, un escenario idóneo para la producción de un documental de esta índole.



**Figura 2.** Banner promocional del documental en RVI “Inmerso en la selva: Una experiencia en realidad virtual”.

La selección de los grupos para cada intervención se realizó de manera aleatoria, en el día de la aplicación previa de las encuestas, posteriormente, al siguiente día se aplicaron las respectivas intervenciones educativas a través de las herramientas de EPC, en donde, la charla convencional de EPC fue apoyada con una presentación digital y fotografías de la temática, con el uso de un equipo de audio, un proyector digital y un sitio de proyección o pantalla disponible en cada plantel educativo. Por otra parte, para la aplicación del video inmersivo se les dio instrucciones de uso del equipo que se utilizó, el cual constó de la combinación de un dispositivo móvil (smartphone), unos HMD



(Google Cardboards) y un par de audífonos, se aplicaron simultáneamente dos proyecciones, debido a la disponibilidad de equipos con las que se contaba, el video inmersivo utilizado en la presente investigación se puede visualizar desde la liga de YouTube (<https://youtu.be/PD4AmDv4eRY>) con la oportunidad dicho material audiovisual desde un ordenador de escritorio, ordenador portátil, smartphone, tableta a través de unos HMD y sin ellos.



**Figura 3.** Fotografías de, A) Estudiantes contestando las encuestas Pre-intervención (Sitio Tuxtepec), B) Estudiantes participando en la intervención RV1360° (Sitios Tuxtepec y Sontecomapan, C) Aplicación de la charla convencional (Sitio Sontecomapan), y D) Aplicación de Encuestas post-intervención (Sitio San Andrés Tuxtla).

#### **7.4. Recolección de información y evaluaciones.**

Para coleccionar datos y evaluar la utilidad del video inmersivo como herramienta de EPC con respecto una charla convencional de la misma temática, se utilizó un cuestionario con preguntas y afirmaciones. Dicho instrumento de evaluación se aplicó un día previo a las intervenciones e inmediato-posterior a dicha aplicación.

El cuestionario contó con cuatro apartados, el primero para conocer los datos sociodemográficos de interés, los cuales fueron: la localidad/municipio de residencia, el nombre del plantel, el género del estudiante y su edad. El segundo apartado con el objetivo de registrar los conocimientos, el tercero y cuarto con el objetivo de registrar las percepciones y actitudes de los estudiantes (Anexo 1).

Para la sección de conocimientos se utilizaron un total de nueve preguntas de opción múltiple, ocho de ellas divididas, en A), B), C) y D) y una pregunta en “Sí” o “No”, con un rango de calificación de entre 0 a 1 punto por pregunta, donde 0 marcaba la respuesta como incorrecta y 1 marcaba la respuesta como correcta, con un rango total de calificaciones de 0 a 9 por encuesta en esta sección.

Para las secciones de actitudes y percepciones, se utilizaron 12 afirmaciones, codificadas en escala de Likert de cinco pasos, para poder cuantificar dichos elementos de forma numérica (Cheng, 2024; Ramos-Luna, 2020; Stern *et al.*, 2008), el apartado de actitudes consistió en tres afirmaciones en un rango de cinco pasos de “Nada identificado” a “Muy identificado”, con un rango total de puntuación de 3 a 15. El apartado de percepciones constó de nueve afirmaciones tanto positivas como negativas que iban de “Muy de acuerdo” a “Muy en desacuerdo”, con un rango total de puntuación de 9 a 45.

#### **7.5. Análisis de datos..**

Los datos fueron analizados a través de diferentes análisis estadísticos por medio del programa estadístico “R” en su versión 4.3.3,

Para cada conjunto de datos se determinó si seguían una distribución normal o no, por medio de la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se asignaron las pruebas

estadísticas comparativas para cada uno de los objetivos, con respecto al cambio en conocimientos, actitudes y percepciones, y las características sociodemográficas de interés (Cercanía a un ANP federal y grado de urbanización), a través de las herramientas de EPC (Tabla 1).

Para comparar las calificaciones previas de las encuestas se utilizaron dos análisis comparativos, lo cual dependió de la distribución de cada conjunto de datos, en este caso ANOVA, para los datos con distribución normal y la prueba de Kruskal – Wallis, para los datos con distribución no-normal (Bautista- Díaz *et al.*, 2020).

Para determinar si hubo diferencias significativas entre cada intervención con relación en los tiempos pre-intervención y post-intervención, se utilizaron dos pruebas estadísticas comparativas, *T* de *Student* para los datos con distribución normal (Bautista- Díaz *et al.*, 2020), y, la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para los datos con distribución no-normal (Ramos-Luna *et al.*, 2024).

Con respecto a las comparaciones de las calificaciones posteriores, se utilizó ANOVA de dos vías, para comparar si existían diferencias significativas entre las intervenciones implementadas y las características demográficas de interés, (cercanía/lejanía de la RBT y sitios rurales/urbanos). Aunado a lo anterior para los datos que seguían distribuciones no-normales, se decidió comprobar las diferencias a través de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, entre los grupos RVI360° y CH. (Bautista- Díaz *et al.*, 2020; Ramos-Luna *et al.*, 2024)

A continuación, se muestra la comparación de los apartados y las pruebas aplicadas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Promedios y desviación estándar, valor de *p* a través de ANOVA o el test de Kruskal – Wallis, entre las calificaciones previas en conocimientos, actitudes y percepciones, con respecto a las diferentes ubicaciones cercanas (RBT) y lejanas (NORBT) de la reserva de la biosfera de los Tuxtlas.

| Comparación                                       | Apartado      | Distribución de los datos |                      |                                          |
|---------------------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------------|
|                                                   |               | <i>p</i> (Shapiro - Wilk) | Tipo de distribución | Prueba estadística comparativa utilizada |
| Comparación de calificaciones previas (RBT/NORBT) | Conocimientos | 0.0027*                   | NO-NORMAL            | Kruskal - Wallis                         |



|                                                                                           |                        |            |           |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|-----------|---------------------------------------|
|                                                                                           | Actitudes              | 4.787e-07* | NO-NORMAL | Kruskal - Wallis                      |
|                                                                                           | Percepciones           | 0.514      | NORMAL    | ANOVA de una vía                      |
| <b>Comparación de calificaciones previas (RURAL/URBANO)</b>                               | Conocimientos          | 0.0304*    | NO-NORMAL | Kruskal - Wallis                      |
|                                                                                           | Actitudes              | 0.0009*    | NO-NORMAL | Kruskal - Wallis                      |
|                                                                                           | Percepciones           | 0.4831     | NORMAL    | ANOVA de una vía                      |
|                                                                                           |                        |            |           |                                       |
| <b>Comparación de calificaciones previas y posteriores en cada intervención (VR y CH)</b> | Conocimientos Pre-VR   | 0.0046*    | NO-NORMAL | Test de Wilcoxon                      |
|                                                                                           | Conocimientos Pre-CH   | 0.0427*    |           |                                       |
|                                                                                           | Conocimientos Post-VR  | 1.62e-06*  |           |                                       |
|                                                                                           | Conocimientos Post-CH  | 0.0011*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes Pre-VR       | 0.0003*    | NO-NORMAL | Test de Wilcoxon                      |
|                                                                                           | Actitudes Pre-CH       | 0.0001*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes Post-VR      | 0.0003*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes Post-CH      | 0.0003*    |           |                                       |
|                                                                                           | Percepciones Pre-VR    | 0.7381     | NORMAL    | T de Student                          |
|                                                                                           | Percepciones Pre-CH    | 0.5161     |           |                                       |
|                                                                                           | Percepciones Post-VR   | 0.4527     |           |                                       |
|                                                                                           | Percepciones Post-CH   | 0.0555     |           |                                       |
|                                                                                           |                        |            |           |                                       |
|                                                                                           |                        |            |           |                                       |
|                                                                                           |                        |            |           |                                       |
|                                                                                           |                        |            |           |                                       |
| <b>Comparación de calificaciones posteriores (RBT/NORBT) y (VR y CH).</b>                 | Conocimientos RBT-VR   | 7.551e-05* | NO-NORMAL | ANOVA de dos vías* y Test de Wilcoxon |
|                                                                                           | Conocimientos RBT-CH   | 0.0380*    |           |                                       |
|                                                                                           | Conocimientos NORBT-VR | 0.0080*    |           |                                       |
|                                                                                           | Conocimientos NORBT-CH | 0.0041*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes RBT-VR       | 0.0409*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes RBT-CH       | 0.0292*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes NORBT-VR     | 0.0065*    |           |                                       |
|                                                                                           | Actitudes NORBT-CH     | 0.0001*    |           |                                       |
|                                                                                           | Percepciones RBT-VR    | 0.5405     | NORMAL    | ANOVA de dos vías                     |
|                                                                                           | Percepciones RBT-CH    | 0.481      |           |                                       |
|                                                                                           | Percepciones NORBT-VR  | 0.8669     |           |                                       |
|                                                                                           |                        |            |           |                                       |

|                                                                             |                         |         |           |                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|-----------|---------------------------------------|
|                                                                             | Percepciones NORBT-CH   | 0.6145  |           |                                       |
| Comparación de calificaciones posteriores<br><br>(RURAL/URBANO) y (VR y CH) | Conocimientos RURAL-VR  | 0.0006* | NO-NORMAL | ANOVA de dos vías* y Test de Wilcoxon |
|                                                                             | Conocimientos RURAL-CH  | 0.0353* |           |                                       |
|                                                                             | Conocimientos URBANO-VR | 0.0007* |           |                                       |
|                                                                             | Conocimientos URBANO-CH | 0.0009* |           |                                       |
|                                                                             | Actitudes RURAL-VR      | 0.0077* |           |                                       |
|                                                                             | Actitudes RURAL-CH      | 0.1721  | NORMAL    |                                       |
|                                                                             | Actitudes URBANO-VR     | 0.0042* | NO-NORMAL |                                       |
|                                                                             | Actitudes URBANO-CH     | 0.0002* |           |                                       |
|                                                                             | Percepciones RURAL-VR   | 0.2987  | NORMAL    | ANOVA de dos vías                     |
|                                                                             | Percepciones RURAL-CH   | 0.528   |           |                                       |
|                                                                             | Percepciones URBANO-VR  | 0.088   |           |                                       |
|                                                                             | Percepciones URBANO-CH  | 0.0581  |           |                                       |

\*Indica significancia estadística;  $p > 0.05$  marca que el conjunto de datos sigue una distribución normal,  $p < 0.05$ , por su lado, marca una distribución no normal.

## 8. RESULTADOS

### 8.1. Resumen de la muestra.

Durante las intervenciones se tuvo la participación de 80 estudiantes en total, de los cuales 44 participantes se identificaron dentro del género femenino, 34 participantes se identificaron con el género masculino, y, 2 participantes se identificaron con el género no-binario, en su mayoría en un rango de entre los 15 a los 17 años, con 9 participantes de 18 años, uno con 19 años y uno con 20 años.

### 8.2. Diferencias en las calificaciones previas en conocimientos, actitudes y percepciones con respecto a los sitios cercanos/lejanos a la RBT.

Se comparó las calificaciones previas de los estudiantes provenientes de los sitios cercanos a RBT, con los sitios NORBT. En la tabla 2 se muestran las tres secciones del cuestionario, el tipo de respuesta de cada sección, el grupo, los promedios y desviación estándar de cada grupo de datos, y, los valores de  $p$ .

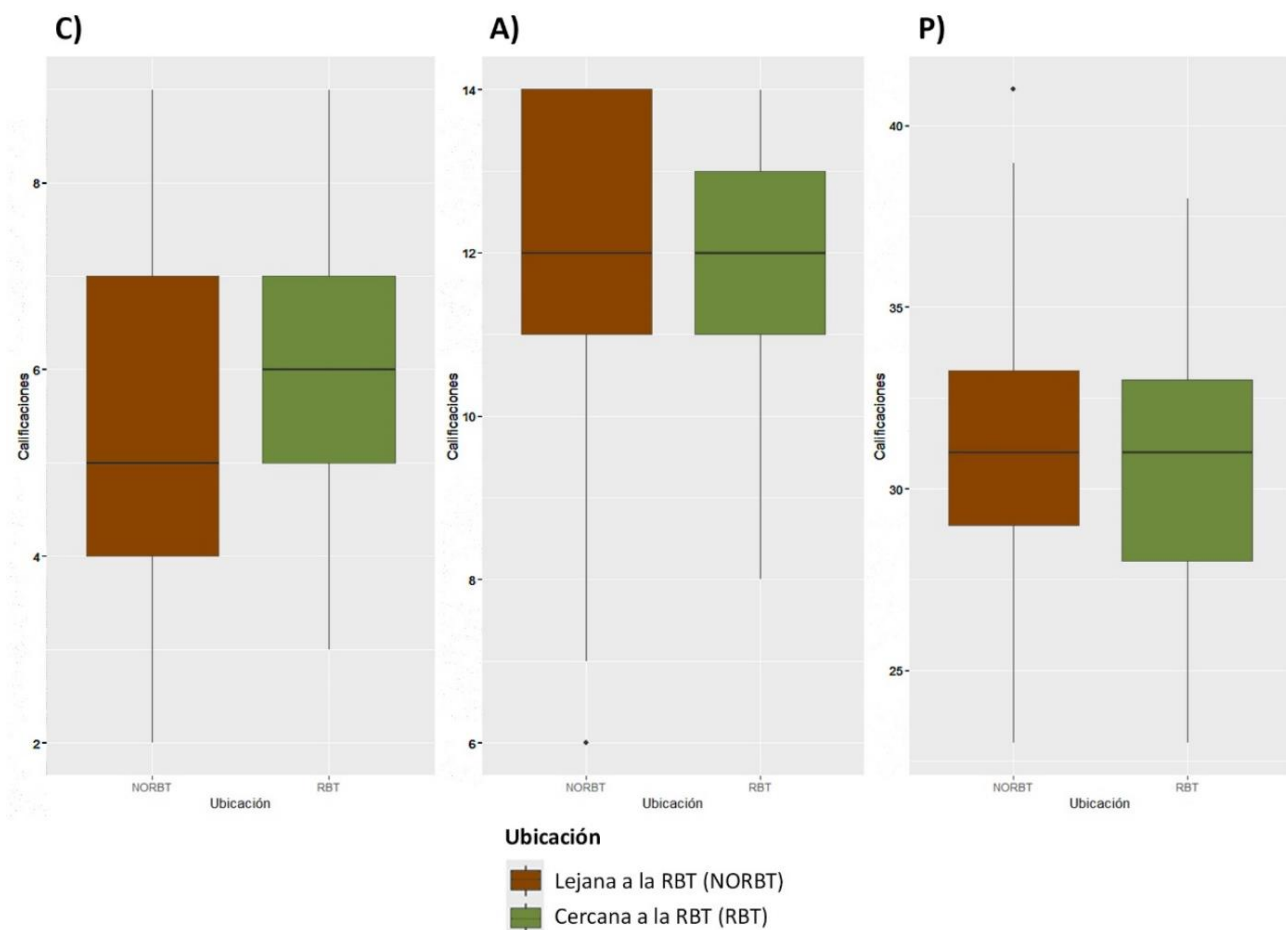
En la comparación de las calificaciones previas del apartado de conocimientos se utilizó la prueba estadística comparativa no paramétrica de Kruskal – Wallis, con un valor resultante de  $p = 0.0659$ , lo cual muestra que no hubo diferencias significativas en este apartado.

Para el apartado de actitudes también se utilizó la prueba de Kruskal – Wallis, se obtuvo el valor,  $p = 0.901$ , lo cual marca de nuevo una falta de diferencias significativas entre los dos grupos (RBT y NORBT).

Por último, para el apartado de percepciones, se evaluaron las diferencias a través de un ANOVA de una vía, con un valor de  $p = 0.356$ , lo cual indico, también, que no había diferencias entre los grupos RBT y NORBT (Figura 3).

**Tabla 2.** Promedios y desviación estándar, valor de  $p$  a través de ANOVA o el test de Kruskal – Wallis, entre las calificaciones previas en conocimientos, actitudes y percepciones, con respecto a las diferentes ubicaciones cercanas (RBT) y lejanas (NORBT) de la reserva de la biosfera de los Tuxtlas.

| Sección del cuestionario   | Tipo de respuestas | Grupo | Promedio de calificaciones (DE) y valor $p$ |                                                      |
|----------------------------|--------------------|-------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                            |                    |       | Pre - Intervención                          | ANOVA (A) o Kruskal-Wallis (K) $p$ entre RBT y NORBT |
| <b>Conocimientos (0-9)</b> | Opción - Múltiple  | RBT   | 6.03 (1.54)                                 | 0.659 (K)                                            |
|                            |                    | NORBT | 5.43 (2.02)                                 |                                                      |
| <b>Actitudes (3-15)</b>    | Escala de Likert   | RBT   | 12.15 (1.46)                                | 0.901 (K)                                            |
|                            |                    | NORBT | 11.60 (1.47)                                |                                                      |
| <b>Percepciones (9-45)</b> | Escala de Likert   | RBT   | 30.40 (3.61)                                | 0.356 (A)                                            |
|                            |                    | NORBT | 31.15 (3.61)                                |                                                      |



**Figura 3.** Comparativa de calificaciones previas, entre los estudiantes provenientes de las ubicaciones cercanas (RBT)/lejanas (NORBT) a la reserva de la biosfera de los Tuxtlas, en conocimientos (C), actitudes (A), y percepciones (P).

### 8.3. Diferencias en las aplicaciones previas con respecto a la intervención utilizada y a los sitios rurales y urbanos.

Entre los grupos RURAL y URBANO, en la tabla 3 se puede observar las secciones del cuestionario, el tipo de respuestas de cada sección, el grupo sociodemográfico, los promedios de las calificaciones, la desviación estándar de cada uno de los grupos, y, por último, los valores  $p$  entre cada una de las comparaciones.

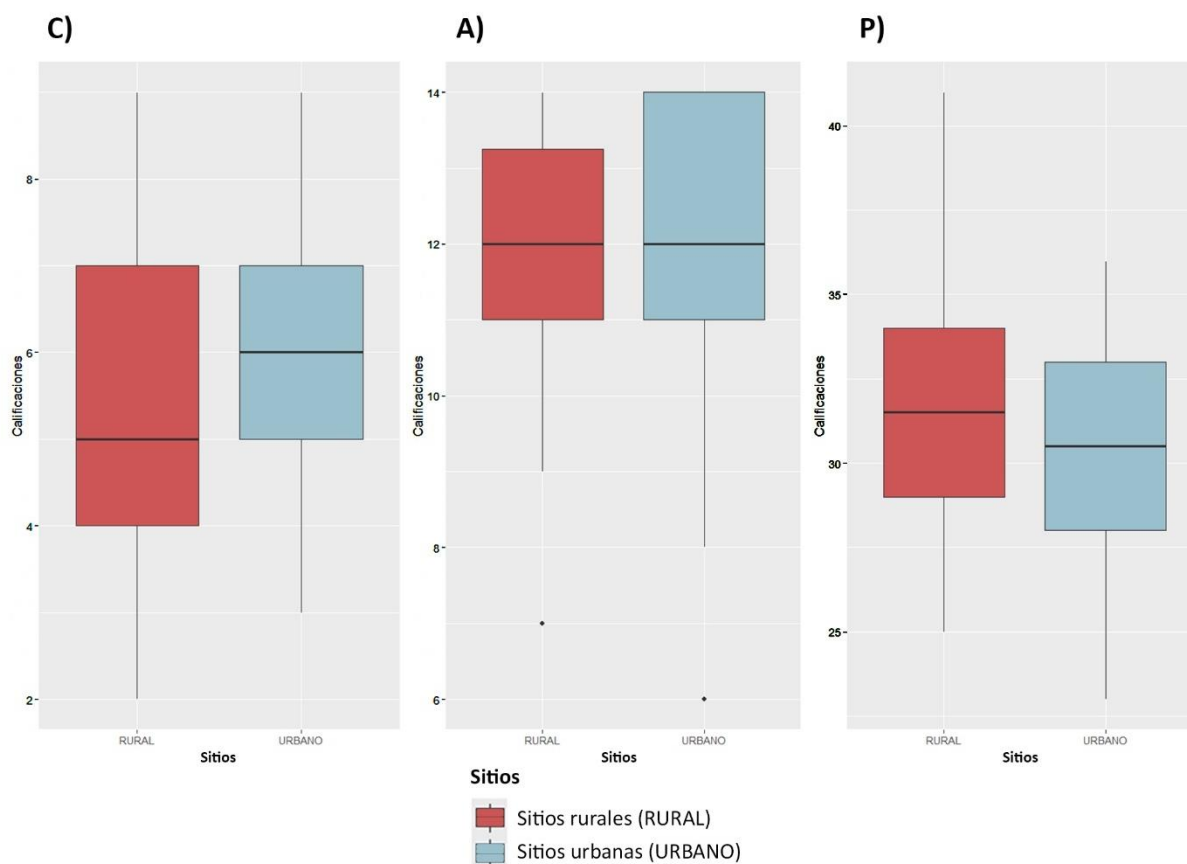
Para el apartado de conocimientos, se utilizó la prueba estadística comparativa no paramétrica de Kruskal – Wallis, en esta comparación no hubo diferencias significativas entre los grupos RURAL y URBANO, con un valor de  $p = 0.177$ .

Con respecto a las calificaciones de la sección de actitudes, se utilizó también la prueba de Kruskal – Wallis dio un valor de  $p = 0.346$ , que demuestra que no hay diferencias significativas en las actitudes previas de los estudiantes, con relación a los sitios de las categorías RURAL y URBANO.

Referente a las calificaciones de las percepciones, este conjunto de datos resultó seguir una distribución normal, por lo cual se realizó un ANOVA con un valor de  $p = 0.054$ , lo cual, aunque cercano, no muestra una comparación estadísticamente significativa.

**Tabla 3.** Promedios y desviación estándar, valor de  $p$  a través de ANOVA o el test de Kruskal – Wallis, entre las calificaciones previas en conocimientos, actitudes y percepciones, con respecto a los diferentes sitios rurales (RURAL) y urbanos (URBANO)

| Sección del cuestionario | Tipo de respuestas | Grupo  | Promedio de calificaciones (DE) y valor $p$ |                                                              |
|--------------------------|--------------------|--------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                          |                    |        | Pre – Intervención                          | ANOVA (A) o kruskal-wallis (K) $p$ entre sitios RURAL/URBANO |
| Conocimientos (0-9)      | Opción - Múltiple  | RURAL  | 5.38 (1.97)                                 | 0.177 (K)                                                    |
|                          |                    | URBANO | 6.08 (1.59)                                 |                                                              |
| Actitudes (3-15)         | Escala de Likert   | RURAL  | 12.05 (1.62)                                | 0.346 (K)                                                    |
|                          |                    | URBANO | 11.70 (2.32)                                |                                                              |
| Percepciones (9-45)      | Escala de Likert   | RURAL  | 31.55 (3.69)                                | 0.054 (A)                                                    |
|                          |                    | URBANO | 30.00 (3.39)                                |                                                              |



**Figura 4.** Comparativa de calificaciones previas, entre los estudiantes provenientes de los diferentes sitios rurales (RURAL) y urbanos (URBANO), en sus conocimientos (C), actitudes (A) y percepciones (P).

#### 8.4. Diferencias entre los momentos pre- y post- en cada intervención, en conocimientos, actitudes y percepciones.

En el apartado de conocimientos, se obtuvieron diferencias significativas, tanto para el grupo RVI360°, con un valor de  $p = 1.57e-07$ , como para el grupo CH, con un valor de  $p = 8.24e-05$ , se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon en los dos casos.

Referido al apartado de actitudes, se obtuvieron también diferencias significativas previo y posterior a la aplicación de las dos intervenciones, para los grupos RVI360° con

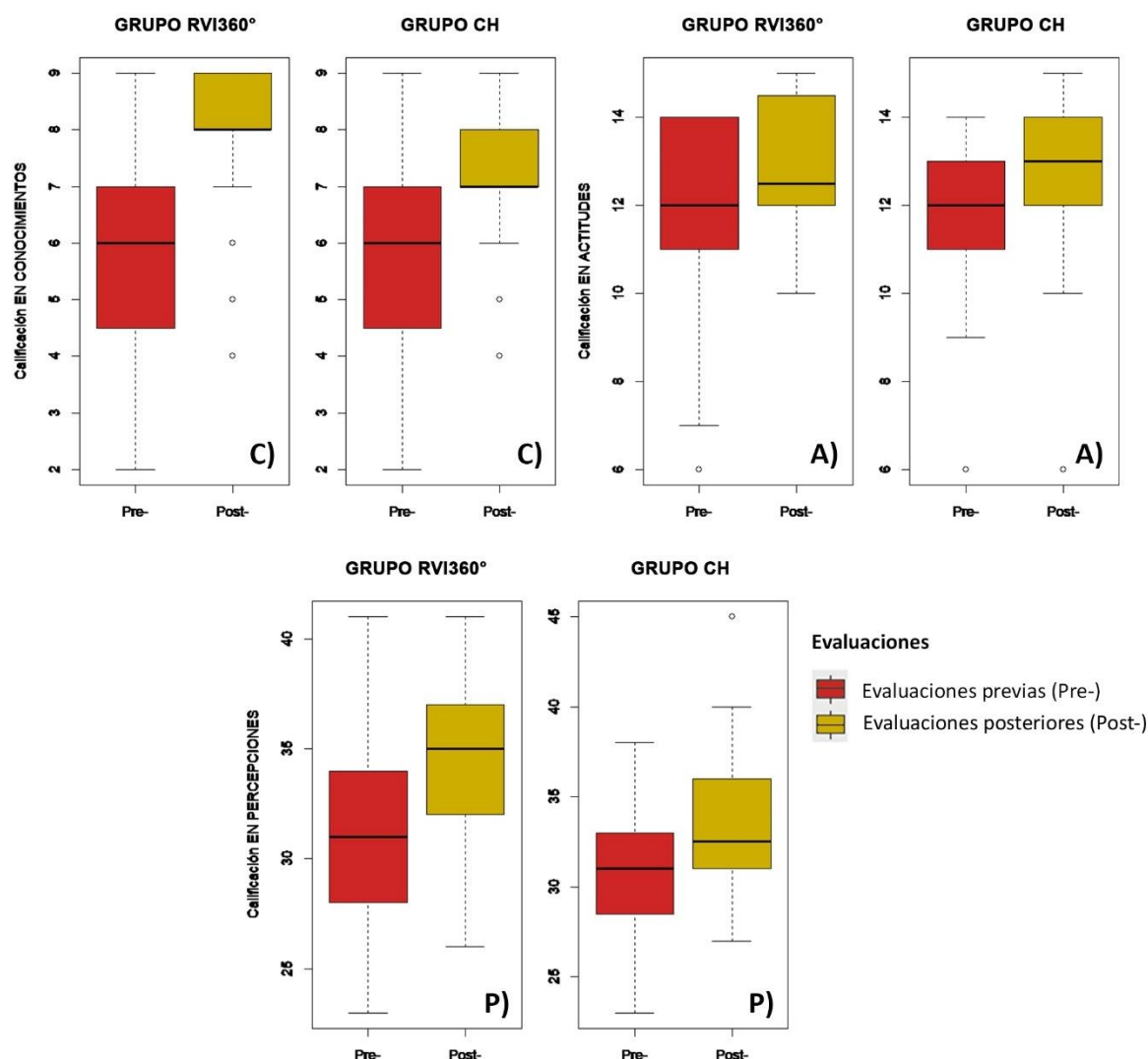
un valor de  $p = 0.0004$  y para CH,  $p = 0.0202$ . Se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, en los dos casos, al igual que en la sección de conocimientos.

En las calificaciones pertenecientes a las percepciones, también encontraron diferencias significativas, para el grupo RVI360°,  $p = 5.351e-07$ , y para el grupo CH,  $p = 1.158e-05$ , por lo tanto, en las dos intervenciones hubo un cambio significativo, previo y posterior a la aplicación de la intervenciones educativas, con una ligera prdominancio en el grupo expuesto a la RVI360° (Figura 5).

**Tabla 4.** Promedios y desviación estándar, valor de  $p$  a través la prueba de Wilcoxon o la T de *Student*, entre las calificaciones previas y posteriores en conocimientos, actitudes y percepciones, con respecto a las intervenciones implementadas.

| Sección del cuestionario   | Tipo de respuestas | Grupo   | Promedio de calificaciones (DE) y valor $p$ |                     |                                          |
|----------------------------|--------------------|---------|---------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|
|                            |                    |         | Pre - Intervención                          | Post - Intervención | Wilcoxon (W) o T- <i>Student</i> (T) $p$ |
| <b>Conocimientos (0-9)</b> | Opción Múltiple    | RVI360° | 05.65 (1.82)                                | 08.05 (1.20)        | 1.57e-07* (W)                            |
|                            |                    | CH      | 05.80 (1.83)                                | 07.20 (1.36)        | 8.24e-05* (W)                            |
| <b>Actitudes (3-15)</b>    | Escala de Likert   | RVI360° | 11.87 (2.03)                                | 12.95 (1.65)        | 0.0004* (W)                              |
|                            |                    | CH      | 11.87 (1.99)                                | 12.62 (1.76)        | 0.0202* (W)                              |
| <b>Percepciones (9-45)</b> | Escala de Likert   | RVI360° | 30.97 (3.44)                                | 34.60 (1.32)        | 5.351e-07* (T)                           |
|                            |                    | CH      | 30.57 (3.75)                                | 33.27 (1.42)        | 1.158e-05* (T)                           |

\*Indica significancia estadística;  $p > 0.05$  marca que el conjunto de datos cuenta con diferencias significativas.



**Figura 5.** Comparativa entre las calificaciones previas y posteriores en (C) conocimientos, actitudes (A) y percepciones (P), en los grupos que utilizaron la charla convencional (CH) y video inmersivo (RVI360°).

### 8.5. Diferencias en las aplicaciones posteriores con respecto a la intervención utilizada y en las ubicaciones cercanas/lejanas a la RBT

En el apartado de conocimientos, al comparar las calificaciones post-intervención se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos RVI360° y CH, de acuerdo a los resultados del ANOVA de dos vías;  $p = 0.00311^*$ , al comparar los grupos RVI360° y CH;  $p = 0.0140^*$ , al comparar los sitios cercanos/lejanos a la RBT; y, entre estas estas dos



vías,  $p = 0.47451$ . Por último, se comprobaron estas diferencias a través de la prueba de Wilcoxon donde se obtuvo un valor de  $p = 0.0015^*$  (Tabla 5).

En las actitudes, al comparar las calificaciones post-intervención no se obtuvieron diferencias significativas, (ANOVA de dos vías;  $p = 0.394$ , al comparar los grupos RVI360° y CH;  $p = 0.265$ , al comparar los sitios cercanos/lejanos a la RBT, y, entre estas dos vías,  $p = 0.170$ ). Los valores de significancia estadística se comprobaron con la prueba de Wilcoxon, la cual arrojó un valor de  $p = 0.5378$  (Tabla 5).

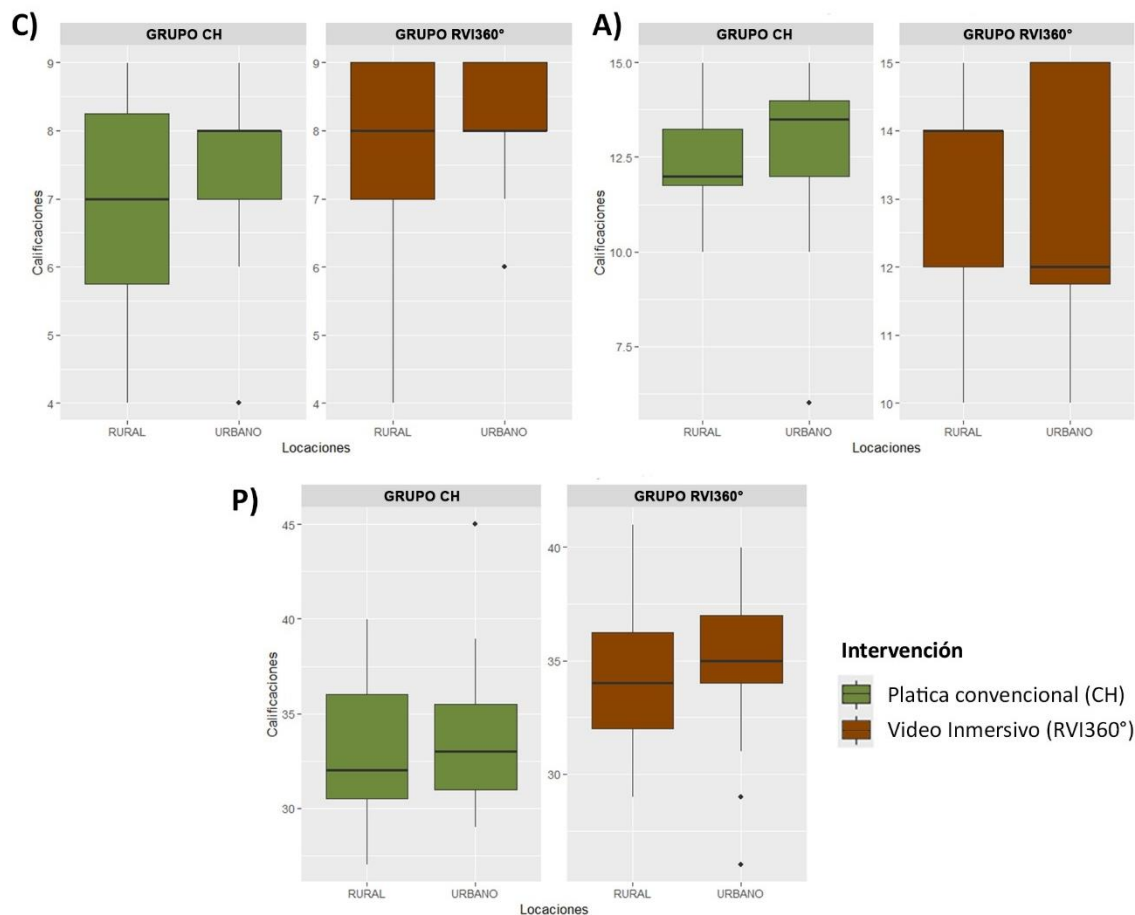
Con respecto a las calificaciones de la sección percepciones, al comparar las calificaciones post-intervención no se obtuvieron diferencias significativas (ANOVA de dos vías  $p = 0.921$ , al comparar RVI360° y CH;  $p = 0.921$ , entre los sitios cercanos/lejanos a la RBT; y, entre estas dos vías,  $p = 0.4234$ ), entre ninguna de las comparaciones, al igual que en el apartado de actitudes. (Figura 6).

**Tabla 5.** Promedios y desviación estándar de las calificaciones en conocimientos, actitudes y percepciones posteriores a la aplicación de las intervenciones, valor de  $p$  a través la prueba de ANOVA de dos vías para los grupos RVI360° y CH, para las locaciones RBT y NORBT, entre intervención y sitios, valor  $p$  a través de la prueba de Wilcoxon en los conjuntos de datos con distribución no normal.

| Sección del cuestionario | Tipo de respuestas | Grupo         | Promedio de calificaciones (DE) y valor $p$ |                              |                             |                                          |                                 |
|--------------------------|--------------------|---------------|---------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
|                          |                    |               | Post - Intervención                         | ANOVA $p$ entre RVI360° y CH | ANOVA $p$ entre RBT y NORBT | ANOVA $p$ entre intervención y ubicación | Wilcoxon $p$ entre RVI360° y CH |
| Conocimientos (0-9)      | Opción - Múltiple  | RVI360°-RBT   | 8.50 (1.30)                                 | 0.0031*                      | 0.0140*                     | 0.4745                                   | 0.0015*                         |
|                          |                    | RVI360°-NORBT | 7.60 (2.05)                                 |                              |                             |                                          |                                 |
|                          |                    | CH-RBT        | 7.45 (1.74)                                 |                              |                             |                                          |                                 |
|                          |                    | CH-NORBT      | 6.95 (1.95)                                 |                              |                             |                                          |                                 |

|                                |                     |                           |                 |        |        |        |        |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Actitudes<br/>(3-15)</b>    | Escala<br>de Likert | RVI36<br>0°-RBT           | 12.90<br>(1.60) | 0.3940 | 0.2650 | 0.1700 | 0.5378 |
|                                |                     | RVI36<br>0°-<br>NORB<br>T | 13.00<br>(2.39) |        |        |        |        |
|                                |                     | CH-<br>RBT                | 13.10<br>(1.35) |        |        |        |        |
|                                |                     | CH-<br>NORB<br>T          | 12.15<br>(2.48) |        |        |        |        |
| <b>Percepciones<br/>(9-45)</b> | Escala<br>de Likert | RVI36<br>0°-RBT           | 34.25<br>(3.44) | 0.9210 | 0.9210 | 0.4234 | N/A    |
|                                |                     | RVI36<br>0°-<br>NORB<br>T | 32.30<br>(4.52) |        |        |        |        |
|                                |                     | CH-<br>RBT                | 34.95<br>(3.75) |        |        |        |        |
|                                |                     | CH-<br>NORB<br>T          | 34.25<br>(2.48) |        |        |        |        |

\* Indica significancia estadística;  $p > 0.05$  marca que el conjunto de datos cuenta con diferencias significativas.



**Figura 6.** Calificaciones posteriores en conocimientos (C), actitudes (A) y percepciones (P), en los grupos que utilizaron la charla convencional (CH) y video en realidad virtual inmersiva (RVI360°), con respecto a las ubicaciones cercanas (RBT) y lejanas (NOTRBT) a la reserva de la biosfera de los Tuxtlas.

#### 8.6. Diferencias en las aplicaciones posteriores con respecto a la intervención utilizada y los sitios rurales/urbanos.

En el apartado de conocimientos, al comparar las calificaciones post-intervención, se obtuvieron diferencias significativas (ANOVA de dos vías;  $p = 0.00417$ , al comparar los grupos RVI360° y CH;  $p = 0.22752$  al comparar los sitios RURAL/URBANO; y, relacionando estas dos vías,  $p = 0.862468$ ). Aunado a lo anterior, se obtuvo una  $p = 0.0015$  a través del test de Wilcoxon, lo que comprueba esta significancia. En este apartado solo hubo diferencias significativas entre las intervenciones, con calificaciones superiores para los grupos que utilizaron el video inmersivo, con un mayor desempeño

en las zonas cercanas a la RBT, sin diferencias significativas entre sitios rurales/urbanos, y sin relación de dependencia entre estas dos vías.

Al comparar las calificaciones post-intervenciones referentes al apartado de actitudes, no se obtuvieron diferencias significativas en ninguna de las comparaciones entre nuestras variables de interés (ANOVA de dos vías;  $p = 0.401$ , entre los grupos RVI360° y CH;  $p = 0.846$ ; entre los sitios rurales/urbanos; y,  $p = 0.401$  entre estas dos vías). Esto también se comprobó a través del test de Wilcoxon  $p = 0.5378$  donde se obtuvo un resultado similar.

En las percepciones, al comparar las calificaciones post- intervenciones, tampoco se obtuvieron diferencias significativas (ANOVA de dos vías;  $p = 0.0974$ , comparando RVI360° y CH;  $p = 0.3294$ , entre los sitios rurales/urbanos, y, entre estas dos vías,  $p = 0.9246$ ), lo cual indica que entre estos datos no existen diferencias significativas en ninguna de las comparaciones entre las variables.

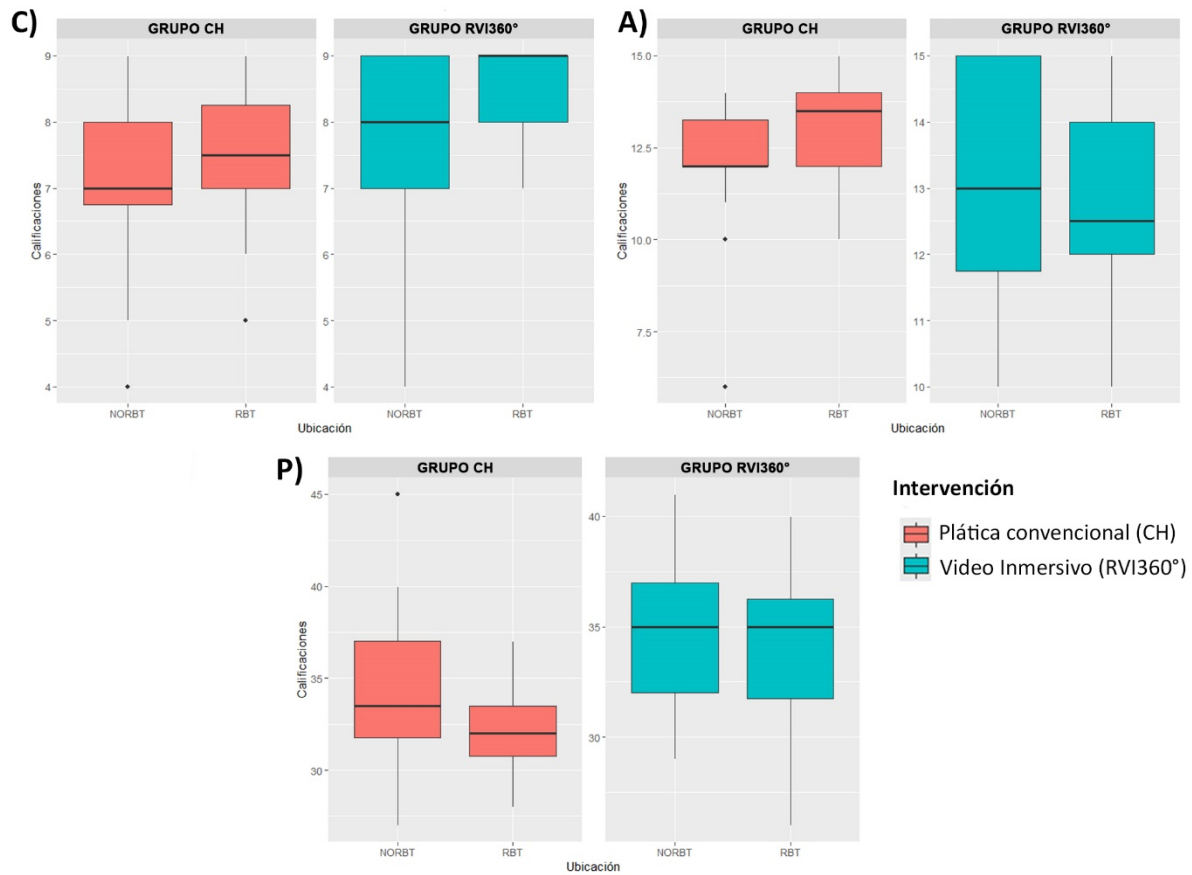
A continuación, se muestra un resumen en forma de tabla (Tabla 6) de los resultados pertenecientes a esta comparación, así como una gráfica que resumen las calificaciones obtenidas (Figura 7).

**Tabla 6.** Promedios y desviación estándar de las calificaciones en conocimientos, actitudes y percepciones posteriores a la aplicación de las intervenciones, valor de  $p$  a través la prueba de ANOVA de dos vías para los grupos RVI360° y CH, para los sitios rurales/urbanos, entre intervención y sitios, valor  $p$  a través de la prueba de Wilcoxon en los conjuntos de datos con distribución no normal.

| Sección del cuestionario | Tipo de respuestas | Grupo           | Promedio de calificaciones (DE) y valor $p$ |                              |                                              |                                       | Wilcoxon $p$ entre RVI360° y CH |
|--------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
|                          |                    |                 | Post - Intervención                         | ANOVA $p$ entre RVI360° y CH | ANOVA $p$ entre los sitios rurales y urbanos | ANOVA $p$ entre intervención y sitios |                                 |
| Conocimientos (0-9)      | Opción - Múltiple  | RVI360° - RURAL | 7.85 (1.46)                                 | 0.0042*                      | 0.2275                                       | 0.8625                                | 0.0015*                         |

|                                |                     |                            |                 |            |            |        |        |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------|------------|------------|--------|--------|
|                                |                     | RVI360<br>°-<br>URBA<br>NO | 8.25<br>(0.85)  |            |            |        |        |
|                                |                     | CH-<br>RURAL               | 7.05<br>(1.61)  |            |            |        |        |
|                                |                     | CH-<br>URBA<br>NO          | 7.45<br>(1.15)  |            |            |        |        |
| <b>Actitudes<br/>(3-15)</b>    | Escala<br>de Likert | RVI360<br>°-<br>RURAL      | 12.50<br>(1.60) | 0.401<br>0 | 0.846<br>0 | 0.4010 | 0.5378 |
|                                |                     | RVI360<br>°-<br>URBA<br>NO | 12.75<br>(1.71) |            |            |        |        |
|                                |                     | CH-<br>RURAL               | 13.10<br>(1.54) |            |            |        |        |
|                                |                     | CH-<br>URBA<br>NO          | 12.75<br>(2.00) |            |            |        |        |
|                                |                     |                            |                 |            |            |        |        |
| <b>Percepciones<br/>(9-45)</b> | Escala<br>de Likert | RVI360<br>°-<br>RURAL      | 34.25<br>(3.24) | 0.097<br>4 | 0.329<br>4 | 0.9244 | N/A    |
|                                |                     | RVI360<br>°-<br>URBA<br>NO | 34.95<br>(3.38) |            |            |        |        |
|                                |                     | CH-<br>RURAL               | 32.30<br>(2.47) |            |            |        |        |
|                                |                     | CH-<br>URBA<br>NO          | 33.70<br>(3.83) |            |            |        |        |
|                                |                     |                            |                 |            |            |        |        |

\* Indica significancia estadística;  $p > 0.05$  marca que el conjunto de datos cuenta con diferencias significativas.



**Figura 7.** Calificaciones posteriores en conocimientos (C), actitudes (A) y percepciones (P), en los grupos que utilizaron la charla convencional (CH) y video realidad virtual inmersiva (RVI360°), con respecto a los sitios rurales (RURAL) y urbanos (URBANO).

## **9. DISCUSION**

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la efectividad del video inmersivo en comparación con una charla convencional sobre la biología de los primates silvestres que habitan en México, sus amenazas y el trabajo de investigación en primatología de campo, como herramientas de EPC. Se analizaron dos variables sociodemográficas de interés: la cercanía o lejanía a un ANP con presencia de estas especies (en este caso, la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas) y la distinción entre sitios rurales y urbanos. El propósito fue influir positivamente en los conocimientos, actitudes y percepciones de estudiantes de nivel medio-superior en favor de la conservación.

Se evaluaron tres factores en ambas intervenciones educativas y en las clasificaciones de los sitios de muestreo. Se utilizó un cuestionario como herramienta de medición en cada participante. Primero, se identificaron las diferencias significativas previas a la implementación de las intervenciones en función de las variables sociodemográficas de interés (Figuras 3 y 4). Luego, se compararon los cambios significativos en los conocimientos, actitudes y percepciones, previo y posterior de cada intervención (Figura 5). Finalmente, se compararon los resultados posteriores entre los grupos que participaron en ambas intervenciones en relación con las variables sociodemográficas de interés (Figuras 6 y 7).

### **9.1. Conocimientos, actitudes y percepciones pre- intervención en las ubicaciones cercanas/lejanas a la RBT y sitios rurales/urbanos**

Al comparar las calificaciones previas en los conocimientos, actitudes y percepciones a través de las encuestas en las ubicaciones cercanas a la RBT, en el municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, y en la localidad de Sontecomapan, del municipio de Catemaco, Veracruz, en comparación con las calificaciones en las ubicaciones lejanas a esta ANP en el municipio de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, y en la localidad de Tierra Negra del municipio de San José Chiltepec. Con respecto a los resultados en los conocimientos, las respuestas en los dos grupos fueron de neutrales a ligeramente positivas. Las calificaciones de las actitudes fueron inicialmente positivas y en el apartado de percepciones, estas fueron neutrales, bajo esta clasificación los estudiantes encuestados no presentaron diferencias significativas Cabe destacar que estos

resultados coinciden parcialmente con las observaciones realizadas por Ramos-Luna (2020), y, en el apartado de percepciones con puntajes altos, en comparación a nuestra investigación que muestra puntajes neutrales (Figura 3).

Entre los sitios cercanos y lejanos de la RBT, en ninguna de las tres variables hubo diferencias significativas. Esto también concuerda con las observaciones de Ramos-Luna, (2020), exceptuando la variable correspondiente a las actitudes, donde este apartado mostró una ligera diferencia entre las medias de las calificaciones de los participantes dentro y fuera de la RBT, a favor de los que estuvieron dentro de esta ANP federal (Tabla 2).

Con respecto a la comparación de las calificaciones previas entre los sitios rurales (Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, y Tierra Negra, San José Chiltepec, Oaxaca) y urbanos (San Andrés Tuxtla, Veracruz y San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca), en el apartado de conocimientos las calificaciones fueron en su mayoría de neutrales a ligeramente positivas. Las actitudes bajo estos parámetros fueron inicialmente positivas y en el apartado de percepciones estas calificaciones fueron ligeramente positivas. Asimismo, los resultados indican que tampoco hubo diferencias significativas entre las calificaciones de las tres variables de interés dentro de nuestra aproximación (Figura 4). En el presente, una comparación de diferentes sitios rurales y urbanos con respecto a la evaluación de herramientas educativas a través de realidad virtual en comunidades rurales y sitios urbanos sobre primates no es usual de realizar. Aunque en las comunidades rurales, es pertinente destacar la importancia de incidir en estos públicos por medio de programas de EPC con el uso de diferentes herramientas para generar cambios que promuevan la conservación de los primates, de acuerdo con Jacobson (2010) (Tabla 3).

Estos resultados respaldan que existe, hasta cierto punto, una homogeneidad entre los grupos encuestados y que la ausencia de diferencias significativas entre las calificaciones previas puede dar a entender que las variables con respecto a las ubicaciones cercanas y lejanas a la RBT, así como los sitios rurales y urbanos no son relevantes en la implementación de intervenciones educativas para la conservación de primates, un hallazgo que concuerda por lo observado en la evaluación del documental



participativo, por lo menos con respecto a los sitios dentro y fuera de la RBT, hecha por Ramos-Luna (2020), quien resalta mayores diferencias en relación con otras variables sociodemográficas como el género de los participantes.

## **9.2. Comparación de calificaciones pre- y post- intervención en la promoción de conocimientos, actitudes y percepciones a través de las dos herramientas de educación para la conservación**

Al contrastar el desempeño de las herramientas en la promoción de nuestras variables de respuesta, podemos ver un cambio significativo en cada uno de los dos grupos (Tabla 4), lo cual confirma que, de acuerdo con Bezanson *et al.* (2022), el implementar programas para la conservación de estas especies contribuye a su conservación, al fungir como piezas clave para la promoción de comportamientos proambientales, pues para generar dicha promoción, es necesario tomar en cuenta muchos factores, más allá de solo la promoción de conocimientos, actitudes y conciencia ambiental (Kollmuss y Agyeman, 2002). Aunque las dos herramientas presentaron diferencias significativas, los resultados mostraron calificaciones ligeramente mayores en los promedios de los participantes que fueron expuestos al documental inmersivo. Este hallazgo concuerda con lo mencionado por Adanin (2020), Spangenberger *et al.* (2022) y Kleinlogel *et al.* (2023), quienes afirman que los videos inmersivos conducen a incrementar más los conocimientos, percepciones y actitudes hacia especies amenazadas como los primates, en comparación con materiales impresos y videos no inmersivos en diferentes públicos.

Con respecto a los conocimientos, tanto el video inmersivo como la charla convencional aumentaron los conocimientos acerca de la biología de los primates y sus amenazas. De acuerdo con Ajzen *et al.* (2011), es importante tener un mejor conocimiento en cuestiones de conservación, ya que este es el primer paso para aumentar la probabilidad de que un individuo adopte medidas de conservación ambiental. Con respecto a lo anterior, Franquesa–Soler *et al.* (2020) destacan como es importante el diseño e implementación de proyectos multidisciplinarios de EA, pues han mostrado ser exitosos en la comunicación del conocimiento y promoción de la conservación (Figura 5). Leeds *et al.* (2017) registraron un mejoramiento en los conocimientos sobre las amenazas a las que se enfrentan los grandes simios tras la

proyección de una serie de cortometrajes como parte de programas educativos enfocados en individuos de edad escolar.

En las actitudes, las dos intervenciones a través de las herramientas educativas también mostraron aumentar de manera positiva esta variable hacia los primates, específicamente relacionado con la conservación de primates. Este cambio de actitudes se ve reflejado en un aumento del interés de los participantes sobre el deseo de conocer más acerca de los seres vivos con los cuales conviven en sus comunidades, el interés hacia los primates, y la preocupación debido a que son especies amenazadas. Apoyado de la evaluación realizada por Bernárdez-Rodríguez *et al.* (2021), a través de programas de conservación de primates a corto y mediano plazo, a su vez, Pearson *et al.* (2011) mencionan como a través de un cortometraje de naturaleza hubo un mejoramiento de las actitudes hacia los orangutanes en jóvenes universitarios.

Por último, en las calificaciones pertenecientes al apartado de percepciones, estas herramientas también generaron cambios significativos con respecto a las calificaciones previas. De acuerdo con Cucurachi *et al.* (2017), es importante destacar gracias a que las percepciones brindan la oportunidad de comprender las realidades afectadas, la construcción y evaluación de diferentes procesos educativos de corte ambiental. Esto genera, a través de la noción transformadora de la EA, cambios sobre las percepciones socio-ecológicas, al brindar mejores diseños en procesos educativos significativos en diferentes públicos (Jacobson, 1987). (Tabla 4).

### **9.3. Comparación de calificaciones posteriores entre los estudiantes a través de la promoción de conocimientos, actitudes y percepciones por medio de las herramientas de EPC en las ubicaciones cercanas/lejanas a la RBT y sitios rurales/urbanos**

Una vez establecido que las herramientas si eran efectivas con respecto a antes de aplicarlas, se continuaron las comparaciones entre dichas intervenciones, esto para poder con el objetivo de ver cuál de ellas tenía mejores calificaciones.

En el apartado de conocimientos, los resultados de esta comparación nos sugieren que los grupos que utilizaron el documental en RVI360° como herramienta

educativa obtuvieron calificaciones más altas, esto reflejado en las medias de las calificaciones de dicho grupo. Esto coincide con lo descrito por Fokides y Arvaniti (2020) y Ou *et al.* (2021), quienes afirman que el uso de los videos en RVI360° resulta ser efectivo para la promoción del conocimiento sobre problemáticas ambientales, al menos en estudiantes de nivel primaria.

Para las calificaciones de las secciones de actitudes y percepciones, no se pudieron encontrar diferencias significativas con respecto a las intervenciones que se realizaron entre los individuos que fueron parte del grupo CH y aquellos que fueron parte del grupo RVI360°. Esto concuerda con los hallazgos de Filter *et al.* (2020), quienes tampoco encontraron una diferencia estadísticamente significativa entre las actitudes generadas por un producto audiovisual inmersivo y un producto audiovisual no inmersivo sobre lobos en estudiantes de educación superior. Cabe destacar que en este estudio el número de participantes fue de 80 individuos, en los cuales se hizo solo la aplicación de una intervención a corto plazo, y, por lo tanto, si se pretende lograr cambios más notorios dentro de la promoción de conocimientos, actitudes y percepciones, al ser proceso de aprendizaje más complejos, es necesario un seguimiento a mediano y largo tiempo (Kuhar *et al.*, 2010; Bezanson *et al.*, 2022) (Tablas 5 y 6).

Es importante destacar que la falta de significancia de diferencias entre los promedios de las calificaciones de las variables de actitudes y percepciones se puede deber a que estas, tiendan a ser parte de procesos largos de aprendizaje, que aunque con diferencias a corto plazo, lo cual, es una afirmación de acuerdo con Bernárdez-Rodríguez *et al.* (2021), quienes mencionan que la adquisición y mejoramiento de actitudes y percepciones hacia las especies y sus amenazas son procesos lentos, que tienen que ser abordados con continuidad, para tener éxito.

Al comparar las calificaciones de los tres apartados con respecto a las ubicaciones que ponderamos (cerca/lejos de la RBT y sitios urbanos/rurales), no encontramos diferencias en cada uno de los grupos (Figura 6 y 7). Esto nos indica que, por lo menos, dentro de las condiciones de este estudio, el desempeño de la realidad virtual o de una charla convencional no depende de la ubicación del público, sino de la herramienta *per se*. Esto lo podemos interpretar en el sentido de que estas herramientas de EPC pueden

ser utilizadas en una amplia variedad de públicos, sin importar sus características sociodemográficas ligadas a su ubicación. Aun así, cabe destacar que la mayoría de los participantes encontraron anecdóticamente más interesante aprender sobre la temática de interés a través de la visualización del contenido audiovisual de forma inmersiva. Esto es apoyado por Filter *et al.* (2020), quien acota que la realidad virtual inmersiva puede ser útil para hacer contenido interesante para gente que no tiene actitudes iniciales positivas sobre temas ambientales.

## 10. CONCLUSIONES

Los estudiantes de nivel medio superior tienen conocimientos iniciales neutrales a ligeramente positivos acerca de los primates silvestres mexicanos, sus características y amenazas. Asimismo, las actitudes hacia ellos son inicialmente positivas y son especies percibidas de forma neutral a ligeramente positivas.

Tanto la intervención CH como el documental en RVI360° son herramientas efectivas de EPC en la promoción de conocimientos, cambio positivo de actitudes y percepciones sobre los primates, en estudiantes de nivel bachillerato.

El documental inmersivo resultó ser una mejor herramienta de EPC de primates, en comparación con a la intervención CH, en la promoción de conocimientos, más no en cuanto a actitudes y percepciones, en estudiantes de nivel bachillerato, por lo cual no se acepta la hipótesis de manera concluyente.

No se establecen conexiones claras entre la eficacia de las intervenciones educativas para la conservación de primates y dos características sociodemográficas de los estudiantes: aquellos provenientes de instituciones educativas cercanas o lejanas a una reserva natural con presencia de primates, así como de sitios rurales y urbanos.

La metodología utilizada en esta investigación puede ser adaptada y replicada en futuros estudios con diferentes públicos educativos. Con la posibilidad de crear intervenciones donde se evalúen las variables de conocimientos, actitudes y percepciones, con lo cual se presentan evidencias más contundentes sobre el potencial efecto de la realidad virtual, mediante el uso de la RVI360°, como material audiovisual en la educación EPC y la EA.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Adanin, K. (2020). Students' Attitudes and Intentions of Using Technology Such as Virtual Reality for Learning about Climate Change and Protecting Endangered Environments. Ohio University. Doctoral Dissertation.
- Aguilar-Melo, A.R. (2011). Respuestas de comportamiento y fisiológicas del mono aullador (*Alouatta palliata mexicana*), frente al tamaño de grupo y la presencia de seres humanos. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Aitchison, J., Aitchison, R., y Devas, F. (2021). Assessing the environmental impacts of wildlife television programmes. *People and Nature*, 3(6), 1138-1146. <https://doi.org/10.1002/pan3.10251>
- Ajzen, Icek; Joyce, Nicholas; Sheikh, Sana; Cote, Nicole Gilbert (2011). Knowledge and the Prediction of Behavior: The Role of Information Accuracy in the Theory of Planned Behavior. *Basic and Applied Social Psychology*, 33(2), 101–117. <https://doi.org/10.1080/01973533.2011.568834>
- Almquist, M., y Almquist, V. (2017). Analysis of 360 Video Viewing Behaviours. (Disertación de maestría). Departament of Computer and Information Science Linköping University. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-144907>
- Andresen, E., Arroyo-Rodríguez, V., y Ramos-Robles, M. (2018). Primate seed dispersal: old and new challenges. *International Journal of Primatology*, 39, 443-465.
- Ambrosio, A. P., y Fidalgo, M. R. (2019). Propuesta de “géneros periodísticos inmersivos” basados en la realidad virtual y el vídeo en 360°. *Revista Latina de Comunicación Social*, ISSN-e 1138-5820 (74), 1132-1153. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8241519>
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020) Environmental education outcomes for conservation: A systematic review, *Biological Conservation*, Volume 241, 108224, ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>.

- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2).  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/33>
- Bekerman, F. (2016). El desarrollo de la investigación científica en Argentina desde 1950: entre las universidades nacionales y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. *Revista iberoamericana de educación superior*, 7(18), 3-23.
- Bernárdez-Rodríguez, G. F., Bowler, M., Braga-Pereira, F., McNaughton, M., y Mayor, P. (2021). Conservation education promotes positive short- and medium-term changes in perceptions and attitudes towards a threatened primate species. *Ethnobiology and Conservation*, 10. <https://doi.org/10.15451/ec2021-09-10.31-1-16>
- Bezanson, M., Franquesa-Soler, M., Kowalewski, M., McNamara, A., Oktaviani, R., y Rodrigues, M. A. (2022). Best practices are never best: evaluating primate conservation education programs (PCEPs) with a decolonial perspective. *American Journal of Primatology*, 85(5), e23424.
- Brandon, K. (2014). Ecosystem services from tropical forests: review of current science. Center for Global Development Working Paper, (380).
- Breuer, T., Mavinga, F. B., Evans, R., y Lukas, K. E. (2017). Using video and theater to increase knowledge and change attitudes—Why are gorillas important to the world and to Congo?. *American Journal of Primatology*, 79(10), e22692.
- Bryson, S. (2013). Virtual reality: A definition history-a personal essay. arXiv preprint arXiv:1312.4322. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1312.4322>
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., y Stocklmayer, S. M. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public understanding of science*, 12(2), 183-202.
- Buttussi, F., y Chittaro, L. (2018). Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24 (2), 1063-1076. doi:10.1109/tvcg.2017.2653117

- Calderón-Zavala, J. (2011). "Proyector de Imágenes virtuales en dos y tres dimensiones". Tesis de Maestría en Optomecatrónica. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. León, Guanajuato. 72 pp.
- Carrera-Barojas, K.M., (2017). "Evaluación del video y la fotografía como herramientas de educación ambiental para la conservación de los primates mexicano en Veracruz, México". Tesis de licenciatura en biología. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Universidad Veracruzana. Amatlán de los Reyes, Veracruz. 69 pp.
- Catalá, E. I. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31-38.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 87-108.
- Cheng, K.H. (2024). Development of an immersive virtual reality system for learning about plants in primary education: evaluation of teachers' perceptions and learners' flow experiences and learning attitudes. *Education Tech Research Dev* 72, 845–867 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10300-6>
- Choi, K., Yoon, Y. J., Song, O. Y., y Choi, S. M. (2018). Interactive and immersive learning using 360 virtual reality contents on mobile platforms. *Mobile Information Systems*, 2018.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2024). CONANP "Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020 - 2024", COMISION NACIONAL DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS, [https://www.conanp.gob.mx/datos\\_abiertos/DES/PNANP2020-2024.pdf](https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DES/PNANP2020-2024.pdf)
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (2024). Áreas Naturales Protegidas Federales de México, enero 2024, modificado para el geoportal del SNIB. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/anpmx.html>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2012). CONABIO, Dos décadas de Historia 1992 – 2012, Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso



de la Biodiversidad, México.  
[http://www.conabio.gob.mx/web/pdf/Conabio\\_Dos\\_Decadas\\_de\\_Historia\\_web.pdf](http://www.conabio.gob.mx/web/pdf/Conabio_Dos_Decadas_de_Historia_web.pdf)

- Cortes-Ortíz, L., Rosales-Meda, M., Marsh, L.K. y Mittermeier, R.A. (2020). *Alouatta pigra*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T914A17926000.  
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T914A17926000.en>.

- Cortes-Ortíz, L., Solano-Rojas, D., Rosales-Meda, M., Williams-Guillén, K., Méndez-Carvajal, P.G., Marsh, L.K., Canales-Espinosa, D. & Mittermeier, R.A. 2021. *Ateles geoffroyi* (amended version of 2020 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T2279A191688782. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T2279A191688782.en>.

- Cristóbal-Azkarate J, Dunn JC (2013) Lessons from Los Tuxtlas: 30 years of research into primates in fragments. In: Marsh LK, Chapman CA (eds) *Primates in fragments*. Springer, New York, pp 505–525. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8839-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8839-2_6)

- Cucurachi, M. D. S. A., Mercon, J., & Rivera, E. S. (2017). Aportaciones de las percepciones socio-ecológicas a la Educación Ambiental. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 5(15).  
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62581>

- Cuarón, A.D., Shedden, A., Rodríguez-Luna, E., de Grammont, P.C. y Link, A. 2020. *Alouatta palliata* ssp. *mexicana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T925A17978896. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T925A17978896.en>.

- De Sandi V., A. G. J., (2022). Los antecedentes históricos y la fundación del CONACYT. Orígenes de una política de apoyo a la ciencia. Consejo Ejecutivo, 201. <http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/cc72/Completo%20No.%2072.pdf#page=201>

- Dias, P.A.D., Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of Howler Monkeys. In: Kowalewski, M., Garber, P., Cortés-Ortiz, L., Urbani, B., Youlatos, D. (eds) *Howler Monkeys*.

Developments in Primatology: Progress and Prospects. Springer, New York, NY.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1960-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1960-4_2).

- Di Natale, A. F., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2006-2033. <https://doi.org/10.1111/bjet.13030>.

- Disinger, J. F. (1985). What research says: Environmental Education's definitional problem. *School Science and Mathematics*, 85(1), 59–68. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1985.tb09596.x>

- DOF (2024). Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Última reforma. Diario Oficial de la Federación. Abril de 2024.

- Dore, K. M., Riley, E. P., & Fuentes, A. (Eds.). (2017). *Ethnoprimatology* (Vol. 76). Cambridge University Press. ISBN. 1107525586, 9781107525580.

- Duarte-Quiroga, A., & Estrada, A. (2003). Primates as pets in Mexico City: an assessment of the species involved, source of origin, and general aspects of treatment. *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*, 61(2), 53-60. <https://doi.org/10.1002/ajp.10108>.

- Durukan, A., Artun, H., y Temur, A. (2020). Virtual reality in science education: A descriptive review. *Journal of science learning*, 3(3), 132-142.

- Eneji, C.; Akpo, D.; Edung, E. (2017), Historical Groundwork of Environmental Education (Fundamentals and Foundation of Environmental Education). *Int. J. Contin. Educ. Dev. Stud.* 2017,3, 110–123

- Escobar, J. M. (2017). El problema del déficit en los modelos democráticos de divulgación científica. *Arbor*, 193 (785): a407. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2017.785n3012>.

- Estrada A, Coates-Estrada R. (1996). Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas. *International journal of primatology*, 17, 759-783. <https://doi.org/10.1007/BF02735263>.

- Estrada A., Anzures D. A., Coates-Estrada R. (1999). Tropical Rain Forest Fragmentation, Howler Monkeys (*Alouatta palliata*), and Dung Beetles at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology* 48:253–262.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2345\(1999\)48:4<253::AID-AJP1>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2345(1999)48:4<253::AID-AJP1>3.0.CO;2-D)
- Estrada A., Coates-Estrada R. (1991) Howler monkeys (*Alouatta palliata*), dung beetles (*Scarabaeidae*) and seed dispersal: Ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *J Trop Ecol* 7:459-474.
- Esparza-Rodríguez, Z., Chapman, C., Reuter, A., Gallina-Tessaro, S., Dáttilo, W., & Serio-Silva, J. (2023). Estimating the impact of the illegal trade of primates in Mexico: a potential threat to wildlife. *Folia Primatologica*, 94(4-6), 265-275.  
<https://doi.org/10.1163/14219980-bja10017>.
- Fang, W. T., Hassan, A. A., & LePage, B. A. (2023). The living environmental education: Sound science toward a cleaner, safer, and healthier future (p. 279). Springer Nature.
- Franco-Avellaneda, Manuel, y Linsingen, Irlan von. (2011). Popularizaciones de la ciencia y la tecnología en América Latina: mirando la política científica en clave educativa. *Revista mexicana de investigación educativa*, 16(51), 1253-1272.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-66662011000400011&lng=es&ylng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662011000400011&lng=es&ylng=es).
- Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In *The international scientific conference elearning and software for education* (Vol. 1, No. 133, pp. 10-1007).
- Fierro-Gossman J. (2003) Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Memoria 2003. Universidad Autónoma de México  
<https://www.planeacion.unam.mx/unam40/2003/pdf/dgdc.pdf>
- Filter, E., Eckes, A., Fiebelkorn, F., & Büssing, A. G. (2020). Virtual reality nature experiences involving wolves on YouTube: Presence, emotions, and attitudes in immersive and nonimmersive settings. *Sustainability*, 12(9), 3823.  
<https://doi.org/10.3390/su12093823>

- Fisher, B., & Christopher, T. (2007). Poverty and biodiversity: Measuring the overlap of human poverty and the biodiversity hotspots. *Ecological economics*, 62(1), 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.020>
- Fokides, E., y Arvaniti, P. A. (2020). Evaluating the effectiveness of 360 videos when teaching primary school subjects related to environmental education. *Journal of Pedagogical Research*, 4(3), 203-222. <https://doi.org/10.33902/JPR.2020063461>
- Franquesa-Soler, M., Jorge-Sales, L., Aristizabal, J. F., Moreno-Casasola, P., & Serio-Silva, J. C. (2020). Evidence-based conservation education in Mexican communities: Connecting arts and science. *PLoS One*, 15(2), e0228382. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244897>
- Franquesa-Soler, M., & Serio-Silva, J. C. (2017). Through the eyes of children: Drawings as an evaluation tool for children's understanding about endangered Mexican primates. *American Journal of Primatology*, 79(12), e22723. <https://doi.org/10.1002/ajp.22723>
- Fuady, R., y Mutalib, A. A. (2019). Audio-Visual Media in Learning. *Journal of K6 Education and Management*, 1(2), 1-6. <https://doi.org/10.11594/jk6em.01.02.01>
- Fuente, F. E. V. (2020). Development of a multimedia program to promote environmental Education of Zoology. *Society y Sustainability*, 2(3), 1-9. <https://doi.org/10.11594/jk6em.01.02.01>.
- García-Orduña F. (2003). Comparación de las Estrategias de Forrajeo de *Ateles geoffroyi* y *Alouatta palliata* mexicana en un fragmento de selva en la sierra de santa marta, Veracruz. Tesis de maestría. Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana.
- Garnett, S. T., & Lindenmayer, D. B. (2011). Conservation science must engender hope to succeed. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(2), 59-60. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.11.009>
- González-Gaudiano, E. (2001). Otra lectura a la historia de la educación ambiental en América Latina y el Caribe. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 3, p. 141-158, jan./jun. 2001. Editora da UFPR.

- González-Zamora, A., Arroyo-Rodríguez, V., Chaves, Ó. M., Sánchez-López, S., Stoner, K. E., y Riba-Hernández, P. (2009). Diet of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) in Mesoamerica: current knowledge and future directions. *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*, 71(1), 8-20.  
<https://doi.org/10.1002/ajp.20625>
- Goodman, M. K., Littler, J., Brockington, D., & Boykoff, M. (2016). Spectacular environmentalisms: Media, knowledge and the framing of ecological politics. *Environmental Communication*, 10(6), 677-688.  
<https://doi.org/10.1080/17524032.2016.1219489>
- Green, D. (1994). *What Is Quality in Higher Education?* Taylor y Francis, 1900 Frost Road, Bristol, PA 19007-1598. ISBN: ISBN-0-335-15740-8
- Guardado-Mendoza, F. J., & Silva-Rivera, E. (2013). La educación ambiental participativa con niños y niñas de cuyuxquihui papantla, veracruz. Un proceso educativo orientado a las selvas de la comunidad. *Bio-grafía*, 6(11), 171-177.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12209/3798>.
- Gutierrez, A., Tyner, K. (2012). Media Education, Media Literacy and Digital Competence/Educación para los medios, alfabetización mediática y competencia digital. *Comunicar (English edition)*, 19(38), 31-39.
- Halabi, O. (2020). Immersive virtual reality to enforce teaching in engineering education. *Multimedia Tools and Applications*, 79(3), 2987-3004. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08214-8>
- Hamid, S., Ijab, M. T., Sulaiman, H., Md. Anwar, R., y Norman, A. A. (2017). Social media for environmental sustainability awareness in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(4), 474-491.
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32.  
<https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>.

- Harditya, A., & Matahari, T. (2021). Virtual Reality And Ambisonics As Effective Combination Of Immersive Media In Raising Awareness For Indonesia's Birds Conservation Organization. *Lekesan: Interdisciplinary Journal of Asia Pacific Arts*, 4(2), 95-101. <https://doi.org/10.31091/lekesan.v4i2.1802>.
- Hernández, C. C. Z. (2006). Percepción y conocimiento de los niños de la ciudad de México sobre las selvas tropicales. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Tesis para obtener el grado de maestra en ciencias de la educación ambiental. Zapopan, Jalisco, Mexico. Obtenido de [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5341/Hernandez\\_Zacarias\\_Carmen\\_Cecilia.pdf?sequence=1](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5341/Hernandez_Zacarias_Carmen_Cecilia.pdf?sequence=1).
- Horak, J. (2006). Wildlife Documentaries: From Classical Forms to Reality TV. *Film History: An International Journal* 18(4), 459-475. <https://dx.doi.org/10.2979/fil.2006.18.4.459>.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Geoportal. Espacio y datos de México. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx>
- Jacobson, S. K. (1987). Conservation education programmes: evaluate and improve them. *Environmental Conservation*, 14(3), pp. 201-206. <https://doi.org/10.1017/S0376892900016398>
- Jacobson, S. K. (1995). *Conserving wildlife: International education and communication approaches*. Columbia University Press.
- Jacobson, S. K. (2010). Effective primate conservation education: gaps and opportunities. *American Journal of Primatology*, 72(5), 414-419. <https://doi.org/10.1002/ajp.20792>.
- Jasso, G. M., López, A. R., & de la Garza, C. I. S. (2021). Clasificación de las ciencias y otras áreas del conocimiento, una problematización. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, (12), 64.

- Jones, J. P., Thomas-Walters, L., Rust, N. A., & Veríssimo, D. (2019). Nature documentaries and saving nature: Reflections on the new Netflix series Our Planet. *People and Nature*, 1(4), 420-425. <https://doi.org/10.1002/pan3.10052>.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in science and technology education*, 10(2), 85-119. <https://www.learntechlib.org/p/182115/>.
- King, R. D. (2013). A brief history of stereoscopy. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 5(4), 334-340. <https://doi.org/10.1002/wics.1264>
- Kleinhenz, P. N., & Parker, M. S. (2017). Video as a tool to increase understanding and support for the Endangered Species Act. *Applied Environmental Education & Communication*, 16(1), 41-55. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2017.1282333>.
- Kleinlogel, E. P., Mast, M. S., Renier, L. A., Bachmann, M., & Brosch, T. (2023). Immersive virtual reality helps to promote pro-environmental norms, attitudes and behavioural strategies. *Cleaner and Responsible Consumption*, 8, 100105. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100105>.
- Kling, K. J., & Hopkins, M. E. (2015). Are we making the grade? Practices and reported efficacy measures of primate conservation education programs. *American journal of primatology*, 77(4), 434-448. <https://doi.org/10.1002/ajp.22359>
- Koenig, C. M. R., & Koenig, B. L. (2022). Primate documentaries: A critical analysis of their history. *society & animals*, 31(7), 927-949. <https://doi.org/10.1163/15685306-bja10102>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Kuhar, C. W., Bettinger, T. L., Lehnhardt, K., Tracy, O., & Cox, D. (2010). Evaluating for long-term impact of an environmental education program at the Kalinzu Forest Reserve, Uganda. *American journal of primatology*, 72(5), 407–413. <https://doi.org/10.1002/ajp.20726>

- Leeds, A., Lukas, K. E., Kendall, C. J., Slavin, M. A., Ross, E. A., Robbins, M. M., ... y Bergl, R. A. (2017). Evaluating the effect of a year-long film focused environmental education program on Ugandan student knowledge of and attitudes toward great apes. *American Journal of Primatology*, 79(8), e22673. <https://doi.org/10.1002/ajp.22673>.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente, LGEEPA., (2024) Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Cámara de Diputados de H. Congreso de la Unión, Nueva Ley Publicada en el Diario Oficial de la Federación, DOF, el 28 de enero 1998, última reforma DOF 01-04-2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Loetsch, B. (1990). Environmental Education and Audiovisual Media. *Educational Media International*, 27(3), 183-187.
- Mabrook, R. & Singer, J. (2019). Virtual Reality, 360 Video, and Journalism Studies: Conceptual Approaches to Immersive Technologies. *Journalism Studies*, doi: 10.1080/1461670X.2019.1568203 Markowitz, D. M., & Bailenson, J. N. (2021). Virtual reality and the psychology of climate change. *Current Opinion in Psychology*, 42, 60-65.
- Maidunoma, Z., & Falmatami, K. S. (2018). Broadcast media in promoting environmental awareness: A study of Yobe State Broadcasting Cooperation Damaturu (YBC), Nigeria. *NIU Journal of Humanities*, 3(1), 341-350. <https://ijhumas.com/ojs/index.php/niuhumas/article/view/288>
- Markowitz, D. M., & Bailenson, J. N. (2021). Virtual reality and the psychology of climate change. *Current Opinion in Psychology*, 42, 60-65. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2021.03.009>.
- Maya-Lastra, N., Rangel Negrín, A., y Dias, P. A. (2023). Behavioral responses of mantled howler monkeys to neighbor long-distance vocalizations. *American Journal of Biological Anthropology*, 182(1), 59-68.
- McCormack, C. M., K Martin, J., & Williams, K. J. (2021). The full story: Understanding how films affect environmental change through the lens of narrative persuasion. *People and Nature*, 3(6), 1193-1204. <https://doi.org/10.1002/pan3.10259>



- Mendoza, E. M. (2023). Monos aulladores y su forma de comunicarse. Pregones de Ciencia, (1), 74-83.
- Miranda, F., y Hernández-X, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Botanical Sciences, (28), 29-179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Morrone, J.J (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. Revista Mexicana de Biodiversidad 90 (2019): e902980. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>.
- National Academies of Sciences, Division of Behavioral, Committee on the Science of Science Communication, y A Research Agenda. (2017). Communicating science effectively: A research agenda.
- Nelson, K. M., Anggraini, E., & Schlüter, A. (2020). Virtual reality as a tool for environmental conservation and fundraising. Plos one, 15(4), e0223631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223631>.
- Nicolaou, C., Matsiola, M., & Kalliris, G. (2019). Technology-enhanced learning and teaching methodologies through audiovisual media. Education Sciences, 9(3), 196. <https://doi.org/10.3390/educsci9030196>.
- Nicolaou, C., & Kalliris, G. (2020). Audiovisual media communications in adult education: The case of Cyprus and Greece of adults as adult learners. European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education, 10(4), 967-994. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10040069>.
- Ou, K. L., Chu, S. T., & Tarng, W. (2021). Development of a virtual wetland ecological system using VR 360 panoramic technology for environmental education. Land, 10(8), 829. <https://doi.org/10.3390/land10080829>
- Oyelere, S. S., Bouali, N., Kaliisa, R., Obaido, G., Yunusa, A. A., & Jimoh, E. R. (2020). Exploring the trends of educational virtual reality games: a systematic review of empirical studies. Smart Learning Environments, 7, 1-22.

- Pearson, E., Dorrian, J., & Litchfield, C. (2011). Harnessing visual media in environmental education: increasing knowledge of orang-utan conservation issues and facilitating sustainable behaviour through video presentations. In *The Media, Animal Conservation and Environmental Education* (pp. 61-77). Routledge. <http://dx.doi.org/10.1080/13504622.2011.624586>.
- Pellier, A. S., Wells, J. A., Abram, N. K., Gaveau, D., & Meijaard, E. (2014). Through the eyes of children: Perceptions of environmental change in tropical forests. *PloS one*, 9(8), e103005. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103005>.
- Pirker, J., & Dengel, A. (2021). The potential of 360-degree virtual reality videos and real VR for education. A literative review. *IEEE Comput. Graph Appl*, 41(4), 76-891. <https://doi.org/10.1109/MCG.2021.3067999>.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
- Raja, M., & Priya, G. G. (2021). Conceptual Origins, Technological Advancements, and Impacts of Using Virtual Reality Technology in Education. *Webology*, 18(2). DOI: 10.14704/WEB/V18I2/WEB18311.
- Ramírez-García I. N. (2008). Sistema de Visión Estereoscópica basado en Anaglifo para Aplicaciones de Realidad Virtual (Defensa doctoral. Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación, Centro de innovación y Desarrollo Tecnológico de Computo, Instituto Politécnico Nacional IPN, México).
- Ramos-Luna J. (2020). El documental: una estrategia de vanguardia para mejorar las perspectivas de conservación de primates silvestres mexicanos. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A.C.
- Ramos Luna, J., Chapman, C. A., & Serio-Silva, J. C. (2024). Participatory wildlife films for primate conservation education in Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz, Mexico.

Folia primatologica; international journal of primatology, 1–16. Advance online publication. <https://doi.org/10.1163/14219980-bja10030>

- Reyna, J., Hanham, J., & Meier, P. (2017). A taxonomy of digital media types for Learner-Generated Digital Media assignments. *E-learning and Digital Media*, 14(6), 309-322.

- Riley Koenig, C. M., Koenig, B. L., & Sanz, C. M. (2023). Portrayals of wild primates in documentary films: reason for concern?. *Primates*, 64(1), 177-189. <https://doi.org/10.1177/2042753017752973>

- Roda-Segarra, J., Mengual Andrés, S., & Martínez-Roig, R. (2022). Using Virtual Reality in Education: a bibliometric analysis. *GIDU-EDUTIC/IN Universidad de Alicante. Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas*. <https://doi.org/10.54988/cv.2022.1.1006>

- Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., & Folgado-Fernández, J. A. (2023). Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28(1), 155-192. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11167-5>

- Romero-Luis, J., Carbonell-Alcocer, A., Levratto, V., Gertrudix, M., Casado, M. D. C. G., & Hernández-Remedios, A. (2023). Design and assessment of an experimental model for evaluating the effectiveness of audiovisual products on the circular economy aimed at promoting environmental awareness. *Journal of Cleaner Production*, 423, 138820. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138820>.

- Rosenberger, A. L., Halenar, L., Cooke, S. B., & Hartwig, W. C. (2008). Morphology and evolution of the spider monkey, genus *Ateles*. *Spider monkeys: Behaviour, ecology and evolution of the genus Ateles*, 19-49. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511721915.002>

- Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

- Salazar-Acuña, E., & López-García, Y. (2018). *Aula en el Bosque, un programa costarricense de educación ambiental en el bosque tropical: efecto sobre estudiantes y*

opinión de los docentes. Cuadernos de Investigación UNED, 10(2), 342-352.  
<http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.2164>.

- Sawitri, D. R. (2017). Early childhood environmental education in tropical and coastal areas: A meta-analysis. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 55, No. 1, p. 012050). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/55/1/012050.

- SEMARNAT. (2010). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 14 de noviembre de 2019.

- Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). SEMARNAT. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. Semarnat. México. 2016.

- Schneider, H., Canavez, F. C., Sampaio, I., Moreira, M. Â. M., Tagliaro, C. H., y Seuánez, H. N. (2001). Can molecular data place each neotropical monkey in its own branch?. Chromosoma, 109(8), 515-523. <https://doi.org/10.1007/s004120000106>.

- Schmitt, D., Rose, M. D., Turnquist, J. E., & Lemelin, P. (2005). Role of the prehensile tail during ateline locomotion: experimental and osteological evidence. American Journal of Physical Anthropology: The Official Publication of the American Association of Physical Anthropologists, 126(4), 435-446. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20075>.

- Serio-Silva, J. C., Rico-Gray, V., y Ramos-Fernández, G. (2006). Mapping primate populations in the Yucatan Peninsula, Mexico: a first assessment. In New Perspectives in the Study of Mesoamerican Primates: Distribution, Ecology, Behavior, and Conservation (pp. 489-511). Boston, MA: Springer US.

- Sherrow, H. M. (2010). Conservation education and primates: Twenty-first century challenges and opportunities. American Journal of Primatology, 72(5), 420-424. <https://doi.org/10.1002/ajp.20788>.

- Silk, M., Correia, R., Veríssimo, D., Verma, A., & Crowley, S. L. (2021). The implications of digital visual media for human-nature relationships. *People and Nature*, 3(6), 1130-1137. DOI: 10.1002/pan3.10284.
- Snelson, C., & Hsu, Y. C. (2020). Educational 360-degree videos in virtual reality: A scoping review of the emerging research. *TechTrends*, 64(3), 404-412. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00474-3>.
- Spaan, D., Ramos-Fernández, G., Bonilla-Moheno, M., Schaffner, C. M., Morales-Mávil, J. E., Slater, K., y Aureli, F. (2020). Anthropogenic habitat disturbance and food availability affect the abundance of an endangered primate: a regional approach. *Mammalian Biology*, 100, 325-333. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00025-x>.
- Spangenberg, P., Geiger, S.M. & Freytag, SC. (2022). Becoming nature: effects of embodying a tree in immersive virtual reality on nature relatedness. *Sci Rep* 12, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05184-0>.
- Stapp, W. B. (1969). The concept of environmental education. *Environmental Education*, 1(1), 30-31. <https://doi.org/10.1080/00139254.1969.10801479>.
- Stern, M. J., Powell, R. B., & Ardoin, N. M. (2008). What difference does it make? Assessing outcomes from participation in a residential environmental education program. *The Journal of Environmental Education*, 39(4), 31-43. <https://doi.org/10.3200/JOEE.39.4.31-43>.
- Svampa, M. (2019). El Antropoceno como diagnóstico y paradigma. *Lecturas globales desde el Sur. Utopía y praxis latinoamericana*, 24(84), 33-54. <http://doi.org/10.5281/zenodo.26531>.
- Teymori, A. N., & Fardin, M. A. (2020). COVID-19 and educational challenges: A review of the benefits of online education. *Annals of Military and Health Sciences Research*, 18(3). <https://doi.org/10.5812/amh.105778>
- Treise, D., & Weigold, M. F. (2002). Advancing science communication: A survey of science communicators. *Science Communication*, 23(3), 310-322. <https://doi.org/10.1177/107554700202300306>.

- Trench, B., & Bucchi, M. (2010). Science communication, an emerging discipline. *Journal of science communication*, 9(3), C03. <https://doi.org/10.22323/2.09030303>
- Trindade, J., Fiolhais, C., & Almeida, L. (2002). Science learning in virtual environments: a descriptive study. *British Journal of Educational Technology*, 33(4), 471-488. <https://doi.org/10.1111/1467-8535.00283>.
- Tudor, A. D., Minocha, S., Collins, M., & Tilling, S. (2018). Mobile virtual reality for environmental education. *Journal of Virtual Studies*, 9(2), 25-36.
- Twining-Ward, C., Luna, J. R., Back, J. P., Barakagwira, J., Bicca-Marques, J. C., Chanvin, M., ... & Chapman, C. A. (2022). Social media's potential to promote conservation at the local level: an assessment in eleven primate range countries. *Folia Primatologica*, 93(2), 163-173.
- Udoudom, U., Ntegwung, E., George, K., y Igiri, A. (2023). Uyo Farmers' Knowledge, Attitude and Perception (KAP) of Broadcast Media Reports on Soil Contamination. *EDUMALSYS Journal of Research in Education Management*, 1(2), 227-248.
- Valladares-Pádua, C. B., y Claro, K. D. (1999). A Arte de Conviver Com o Ouriço-Caixeiro. *Ciência Hoje*, 25(150), 50-55.
- Van Schaik, C. P., y Pfannes, K. R. (2005). Tropical climates and phenology: a primate perspective. In *Seasonality in Primates: Studies of Living and Extinct Human and Non-Human Primates* (pp. 21-54). Cambridge University Press.
- Vázquez Torres, M., Carvajal Hernández, C. I. y Aquino Zapata, A. M. (2010). Áreas Naturales Protegidas. En G. Benítez Badillo y C. Welsh Rodríguez (coords.), *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*. Patrimonio natural (t. I, pp. 249-274). Xalapa: Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana.
- Vidal-García, F., & Serio-Silva, J. C. (2011). Potential distribution of Mexican primates: modeling the ecological niche with the maximum entropy algorithm. *Primates*, 52, 261-270. <https://doi.org/10.1007/s10329-011-0246-6>.

- Von Thaden, J. J., Laborde, J., Guevara, S., & Mokondoko-Delgadillo, P. (2020). Dinámica de los cambios en el uso del suelo y cobertura vegetal en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (2006-2016). *Revista mexicana de biodiversidad*, 91. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3190>.
- Wright, J. H. (2010). Use of film for community conservation education in primate habitat countries. *American Journal of Primatology*, 72(5), 462-466.
- Yaqoob, A., Bi, T., & Muntean, G. M. (2020). A survey on adaptive 360 video streaming: Solutions, challenges and opportunities. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(4), 2801-2838. doi: 10.1109/COMST.2020.3006999.
- Yusof, A. A., Adnan, A. H. M., Mustafa Kamal, N. N., Mohd Kamal, M. A., & Ahmad, M. K. (2019). Education 4.0 immersive learning with Spherical Videos (360) and Virtual Reality (VR) experiences. In *Proceedings of the International Invention, Innovative & Creative (InIIC) Conference, Series* (pp. 52-60). ISBN: 978-967-17324-412.



## ANEXOS

### Anexo 1. Instrumento de evaluación



#### Encuesta de evaluación taller "Inmerso en la selva: Primates mexicanos y bosques tropicales"

Localidad/Municipio: \_\_\_\_\_

Nombre del plantel educativo: \_\_\_\_\_

##### 1. Datos del entrevistado

Identidad de género con la que te identificas: Masculino \_\_\_\_ Femenino \_\_\_\_ No binario \_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

**Conocimientos, responde esta sección seleccionando solo una respuesta**

1. ¿Cuántas especies de monos silvestres habitan en México?

- A) En México no hay monos
- B) Una especie
- C) Dos especies
- D) Tres especies
- E) Cuatro especies

2. Los monos silvestres se alimentan de:

- A) Cacahuates
- B) Plátanos
- C) Hojas y frutos
- D) Carne
- E) Todas las anteriores

3. ¿Crees que los monos son importantes para las selvas tropicales? (Si) (No)

- A) Porque nos entretienen
- B) Porque dispersan semillas
- C) Porque podan los árboles
- D) Todas las anteriores

4. ¿Por qué son importantes los monos silvestres?

5. ¿Cuál es el hogar ideal de los monos silvestres en México?

- A) Los zoológicos
- B) Los circos
- C) Los bosques de montaña
- D) Los bosques tropicales
- E) Todas las anteriores

6. ¿Cuál de las siguientes opciones NO es una forma en que los científicos estudian a los monos?

- A) Siguiéndolos en campo
- B) Buscando su popó en el suelo
- C) Poniendo jaulas en el suelo para atraparlos
- D) Tomando notas de sus comportamientos

7. ¿Cuál de las siguientes opciones NO es una amenaza para los monos silvestres?

- A) Cuidarlos como mascotas en casa
- B) Tomarlos de su hábitat para venderlos como mascota

- C) Construir nuevas ciudades cerca de su hábitat
- D) Observarlos en sus árboles

8. ¿Cuáles son las especies de primates silvestres que se distribuyen en México?

- A) Gorila, chimpancé, bonobo, orangután.
- B) Mono aullador negro, mono aullador de manto, mono araña centroamericano.
- C) Lemur, tamarino, macaco
- D) Capuchino, lémur, mono aullador negro.

9. ¿Cuál es el nombre de la estructura parecida a la huella dactilar en humanos que poseen los monos araña y monos aulladores?

- A) Dermatoglifo
- B) Hemidactil
- C) Yema digital
- D) Dactilopolo

**Actitudes y percepciones. Lee cada oración y selecciona la opción con la cual te sientes más identificad@**



MUY POCO  
IDENTIFICAD@



POCO  
IDENTIFICAD@



NI UNA  
NI OTRA



IDENTIFICAD@



MUY  
IDENTIFICAD@

MUY EN  
DESACUERDO

EN  
DESACUERDO

NI DE ACUERDO  
NI EN  
DESACUERDO

DE ACUERDO

MUY  
DEACUERDO



| Enunciado                                                                                                   | Nada identificad@     | Poco identificad@     | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | Poco identificad@     | Muy identificad@      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Conozco a los animales silvestres que habitan cerca de donde yo vivo                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Me gustaría conocer más sobre los animales y plantas de mi comunidad                                        | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Los monos me parecen animales interesantes                                                                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Enunciado                                                                                                   | Muy en desacuerdo     | En desacuerdo         | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | De acuerdo            | Muy de acuerdo        |
| Los monos juegan un papel importante para el medio ambiente de México                                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| La ganadería afecta a los monos.                                                                            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Los monos son ideales para ser mascotas.                                                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Los monos son animales peligrosos                                                                           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Los monos están en riesgo de desaparecer                                                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Considero que no puedo hacer nada para cambiar los problemas a los que los monos y su hábitat se enfrentan. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Los bosques tropicales son sitios conservados.                                                              | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Conozco un poco sobre lo que los científicos hacen cuando estudian monos                                    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Me gustaría participar en actividades de conservación o ambientales                                         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>          | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

¿Haz tenido alguna vez experiencias con realidad virtual?

- A) Si  
B) No

UNA EXPERIENCIA EN RV

¿Como cuál?

¿Te parece que la realidad virtual es interesante?

- A) Si  
B) No

¿Por qué?

Plan elaborado por el Biol. Rodrigo Jesus Alto Cuate

## Anexo 2. Transcripción del guion documental

-Inmerso en la selva: Una experiencia en RV-

2023



La cámara utilizara tres perspectivas principales: La tercera persona, la primera persona y escenas sin presencia humana, en el caso de la tercera persona la cámara estará ubicada en diferentes puntos sobre el suelo, los árboles etc, mientras aparece El biólogo , de manera que se muestre una perspectiva diferente de lo que se esté presentando en el momento de la toma relacionado a la narración, en el caso de la primera persona la cámara se ubicará en la cabeza del protagonista ( El biólogo ), esta ira sobre un sombrero teniendo una perspectiva 360 del punto de vista de El biólogo , en el caso de las tomas sin presencia humana, estas estarán ubicadas en perspectivas diferentes relacionadas a lo que se esté presentado visualmente en el momento de la narración.

### Acotaciones:

\_\_\_\_\_ : Narración, los tres puntos suspensivos unen las partes de la narración las cuales estarán separadas por los corchetes ([ ]).

[ ] : Corchetes de narrativa visual.

A, B, C D, E : Estas reflejan el orden de la narración la cual está acompañada de la narrativa visual.

*Presentación de sponsors y presentación del título,*

*A. [Se presenta una escena aérea de un amanecer en la reserva de la biosfera de los Tuxtlas].*

*B. Entra a escena un niño [TOMA EN PRIMERA PERSONA], en una biblioteca, el niño esta viendo un libro sobre fauna y se pasa a la página con contenido de primates, entra un adulto y le pregunta si ya se quiere retirarse del lugar, el niño responde con una negativa, y sigue enfocado en el libro.*

*[El video pasa a fondo negro, empieza narración].*

Narrador (El biólogo): Cuando era niño, podía pasar horas y horas leyendo libros sobre naturaleza. Las maravillas que entre las páginas iba descubriendo me tenían hipnotizado, ...

- C. *[mientras esto pasa la pantalla empieza a develar una escena de El biólogo caminando en la selva, desde el punto de vista en primera persona]*.

...el día de hoy esa curiosidad ha dado sus frutos, ahora,  
...

- D. *[transición de rizo, TOMA EN TERCERA PERSONA El biólogo caminando entre la selva de manera que rodee la cámara]*.

...20 años después me encuentro en el bosque tropical de los Tuxtlas, con un objetivo claro, encontrar al curioso mono araña, y bueno, si quieres encontrar a una especie como esta tienes que ir a su hogar, la selva.

- E. *[Cambia a escena aérea sin transición para dar un sentido más abrupto enfatizando la diferencia visual entre un punto de vista terrestre a uno aéreo, la escena es sobre un fragmento de bosque tropical de la zona de los Tuxtlas]*.

Narrador (El biólogo): En México, existen 3 especies de primates silvestres, el mono aullador negro, el mono aullador de manto y el mono araña, dichos primates se distribuyen en las selvas tropicales del sureste, desde Oaxaca hasta Quinta Roo...

- F. *[TOMA EN PRIMERA PERSONA, El biólogo camina entre en medio del bosque tropical mientras llueve, la cámara se llenará de gotas de agua reforzando el efecto de la narración]*.

...aquí, en la selva de los Tuxtlas en el estado de Veracruz, la lluvia es una compañera de misión, las selvas tropicales son ecosistemas que se caracterizan por tener precipitaciones casi todo el año, con solo de 3 a 4 meses de temporadas secas...

- G. *[TOMA EN TERCERA PERSONA, El biólogo camina mientras observa el horizonte y toma un poco de agua en un ambiente soleado]*.

... y a pesar de la lluvia, el calor puede llegar a superar los 40 grados. Esta humedad favorece...

- H. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA, la escena cambia a un ambiente dentro de la selva desde un árbol, se procurará que en este haya una variedad notable en la vegetación que se presente en la toma]*.

...a la abundancia de vegetación, que crece por doquier, además, los árboles en las zonas más conservadas llegan a medir más de 30 metros de alto, regalándonos vistas únicas, ...

I. *[VISTA EN TERCERA PERSONA LEJANA, El biólogo con su libreta de campo, observa en el suelo si hay rastros de la presencia de monos].*

...La clave para encontrar a los monos araña es buscar sus rastros. Su dieta es principalmente frugívora, es decir, prefieren comer frutas, dejando así pistas en el camino, aunque las hojas no se salvan si la ocasión lo amerita...

J. *[TERCERA PERSONA CERCA CONTINUACION DIRECTA A LA ESCENA ANTERIOR, se ve la libreta de campo con un registro de frutos colectados, y en el suelo, residuos de frutas, en este caso del género Ficus].*

...Por lo tanto, tenemos que buscar en suelo, y si, adivinaron bien, excretas de mono araña, o con algo de suerte, frutas recién mordidas...

K. *[PRIMERA PERSONA, El biólogo anota en su libreta de campo lo observado, se agacha a revisar el contenido del material biológico].*

...observando estas evidencias nos estaremos acercando a nuestro objetivo; Si en estas excretas encontramos semillas...

L. *[TOMA EN TERCERA PERSONA sobre un árbol del género Ficus, El biólogo entra a la toma observando a la ubicación donde está la cámara].*

...y estas semillas pertenecen a los árboles que estos animales consumen, arboles como las higueras y los jobos, es muy probable que hayan estado cerca de aquí, esto me resulta curioso gracias a que comúnmente creemos que consumen plátanos, una creencia que solo es un mito...

M. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA, punto de vista desde el suelo en medio de la selva].*

...gracias a estas excretas y a su dieta, los monos ayudan a la regeneración de los bosques tropicales, esparciendo las semillas mientras se balancean por las ramas de los árboles, donde pasan sus días, evitando estar en el suelo.

N. *[TOMA DE UNA PARBADA DE AVEZ EN MEDIO DE LA SELVA].*

...no solo los monos araña comen estos frutos, también aves como los tucanes, ...

O. *[TOMA DE UN COATI EN MEDIO DE LA SELVA].*

...mamíferos como el coati y por supuesto...

P. *[TOMA DE UN GRUPO DE MONOS AULLADORES A LO LEJOS EN LOS ARBOLES DE UNA ZONA SELVATICA].*

...los monos aulladores con su característico sonido, a comparación de los monos araña los cuales producen sonidos menos estruendosos...

Q. *[PUNTO DE VISTA EN PRIMERA PERSONA, saliendo una casa de campaña El biólogo dirige su mirada hacia los árboles buscando el movimiento de las ramas].*

Narrador (El biólogo): Han pasado 5 días desde que empecé a seguir el rastro que encontré en el suelo selvático, y justo cuando mis motivaciones flaqueaban, un sonido, parecido a un murmullo fue captado por mis oídos...

R. *[PUNTO DE VISTA EN TERCERA PERSONA CONTINUACION DIRECTA DE LA ESCENA ANTERIOR, se ve a El biólogo cauteloso mirando hacia el dosel]*

...dirigí mi mirada hacia las copas de los árboles, y entre las ramas los vi...

S. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA, se muestra a un grupo de monos arañas entre las ramas de un árbol, a una distancia considerablemente cercana a la cámara].*

...era un grupo de monos araña, estos animales al ser sociales se desplazan en grupos, el sentimiento de asombro me dejó sin palabras, ver a estos animales tan cerca, en su entorno natural, ah, que puedo decir...

T. *[TOMA EN PRIMERA PERSONA, El biólogo escribe en su cuaderno de campo mientras toma una foto de los monos araña].*

...procedí a registrar su comportamiento, observando cómo se movían...

U. *[TOMA CERCANA DE LOS MONOS ARAÑA BALANCEANDOSE EN LAS RAMAS].*

...me percaté que utilizaban la cola con mucha agilidad, casi como una si de un brazo se tratara, y, de hecho, revisando mis anotaciones recordé que, a esta característica se le llamaba cola prensil, además...

V. *[TOMA DIGITAL de un patrón de huellas de manera giratoria].*

... en ella, tanto monos araña como monos aulladores tienen patrones que, en su conjunto se denominan como dermatoglifo, que no es más que una serie de patrones únicos en cada individuo...

W. *[toma de unas manos en primer plano frente a la cámara].*

...lo que en nosotros conocemos como huella dactilar...

X. *[TOMA EN TERCERA PERSONA donde se ve a El biólogo, tomando su cámara para poder tomar fotografías].*

...y apoyado del sentimiento que nació en mi niñez, prendí mi cámara y me dispuse a tomar unas fotos para inmortalizar mi encuentro con ellos.

Y. *[TOMA EN TERCERA PERSONA El biólogo camina entusiasmado por una vereda en el bosque].*

Narrador (El biólogo): Se preguntarán cual fue el motivo de mi travesía, pues bien...

Z. *[TOMA AEREA aparece una progresión de planos en donde el primero es en un entorno lleno de vegetación para dar paso a lugares con niveles de perturbación más notables, en total serán 3 planos que reflejen esta progresión].*

...en la actualidad estas especies se encuentran amenazadas, en el caso del mono araña, debido principalmente a la deforestación de su hábitat, algo que observe a la hora de llegar a la región de los Tuxtlas, cada vez viendo menores cantidades de terreno con selva conservada...

AA. *[TOMA EN TERCERA PERSONA, UN GRUPO DE 3 PERSONAS A LOS LADOS DEL BIOLOGO LE HABLAN MIENTRAS ESTAN PLATICANDO SOBRE COMO ERA VER MONOS EN LA SELVA].*

...Gente local me contaba acerca de las historias de cómo sus padres y abuelos podían observar muy comúnmente a los monos en el monte, aquí en la selva de los Tuxtlas, siendo voceros de ella, de su clima y salud...

BB. *[TOMA SIN PRESCENCIA HUMANA, EN UN CAMPO CON VACAS]*

CC. *[PARA POSTERIORMENTE HACER UNA PROGRESION A UN SPOT CON POCA LUZ DENTRO DE UNA JAULA MIENTRAS EN EL AUDIO SE OYEN ESTRUENDOSOS RUIDOS DE CAMIONETAS, AQUÍ LA AUDIOCION TOMARA UN FOCO PRINCIPAL PARA EXPONER LA ANSIEDAD DE SER CAZADOS, Y POR ULTIMO, PASAR A UNA ZONA EN UN LUGAR REMOTO EN LA SELVA].*

...pero gracias a la ganadería y su cacería para carne o para venta de sus crías como mascotas, cada vez hay menos, huyendo de la huella humana, refugiándose en áreas lejanas en los cerros...

DD. *[TOMA EN TERCERA PERSONA, en donde con un grupo de gente local se les está hablando sobre la importancia de los monos aulladores en su ambiente, lo que se dice es inaudible, en la toma solo se nota la cara de El biólogo ].*

...registrar avistamientos de estos organismos, nos ayuda a entender su estado de conservación, y dependiendo de lo que veamos en su ambiente, a generar estrategias que ayuden a resolver este problema...

EE. *[TOMA AEREA DESCENDIENDO CERCA DE LOS ARBOLES DE LA SELVA, PARA UNA PROGRESION EN UN NACIMIENTO DE AGUA].*

...En los Tuxtlas se encuentran las ultimas selvas al norte del continente americano, proteger estas selvas ayuda a mantener este equilibrio y los regalos que la selva nos da, como, por ejemplo, al captar el agua...

FF. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA EN UN ARROYO PEQUEÑO].*

...que luego desemboca en los arroyos...

GG. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA EN LAS RIVERAS DE UN RIO].*

...que se convierten en ríos, para nosotros y para los cientos de organismos que viven aquí...

HH. *[TOMA EN PRIMERA PERSONA realizando limpieza del lago de Catemaco en espagoya].*

Narrador (Biólogo): Es nuestra responsabilidad ser conscientes del ambiente y de la biodiversidad que coexiste con nosotros, con acciones sencillas...

II. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA a nivel de suelo, donde un perro en un parque ve a la cámara].*

...como cuidar que nuestras mascotas no dañen a animales silvestres, reforestar haciéndolo con especies de plantas nativas o locales ...

JJ. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA time-lapse de una zona con gran densidad de nubes].*

...o simplemente dejando a la naturaleza prosperar en nuestros hogares, sus hogares...

KK. *[TOMA EN TERCERA PERSONA CAMINANDO EN LA SELVA EN UN DIA SOLEADO, EL BIOLOGO CAMINA PASANDO POR LA CAMARA].*

...La selva de los Tuxtlas nos ha revelado sus secretos, pero también sus desafíos. Te invito a ser parte de la solución, venir aquí fue toda un sueño hecho realidad, ...

LL. *[TOMA EN TERCERA PERSONA sobre una barrera de naturaleza con el biólogo de espaldas viendo hacia la barrera].*

MM. *[PROGRESION DE TOMA EN TERCERA PERSONA, toma en un mundo onírico y el biólogo volviéndose niño y pasando a la naturaleza].*

...Cada que estoy en la naturaleza, me convierto en aquel niño que leía sobre lugares fantásticos y se maravillaba por lo desconocido, sitios inhóspitos llenos de un verde infinito...

NN. *[TOMA SIN PRESENCIA HUMANA EN UNA COSTA CON AREAS VERDES SEGUIDO DE UNA TOMA AEREA DE EL ATARDECER SOBRE LA SELVA, PANTALLA PROGRESIVAMENTE VA A NEGRO].*

...¡Seamos los narradores de esta historia interminable, donde la armonía entre el hombre y la naturaleza es el capítulo más hermoso de todos!.

FIN

#### **Anexo 4. Glosario de siglas (por orden de aparición).**

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ANP: Área Natural Protegida.

DOF: Diario Oficial de la Federación.

RBLT: Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas.

P: En peligro de extinción (SEMARNAT, 2010).

EN: Endangered, “En Peligro” (IUCN Red List).

IUCN: The International Union for Conservation of Nature (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza).

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

COLCIENCIAS: Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación.

CONICYT: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.

CONAHCYT: el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología

DGDC: Dirección General de Divulgación de la Ciencia

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

EA: Educación ambiental

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

EPC: Educación para la conservación.

RV: Realidad virtual.

RVI: Realidad Virtual Inmersiva.

RVNI: Realidad Virtual No Inmersiva.

HMD: Head Mounted Display (Pantalla montada a la cabeza).

RVI360°: Realidad Virtual Inmersiva en 360°.

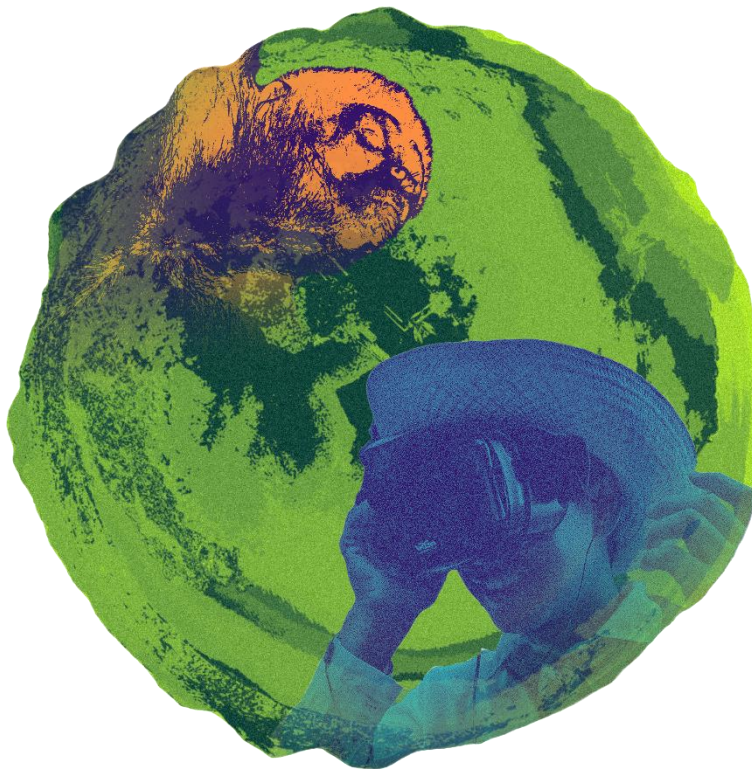
FOV: Field of Vision (Campo de visión).

RBT: Sitios cercanos a algún Área Natural Protegida Federal, en este caso la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas.

NORBT: Sitios lejanos una ANP federal, en este caso tomando como punto de referencia también la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, con rango de distribución de primates, y mismo tipo de vegetación predominante.



RURAL: Localidades con una población menor a 2,500 habitantes.  
URBANO: Localidades con una población mayor a 2,000 habitantes.  
INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.  
COBAEV: Colegio de bachilleres del Estado de Veracruz.  
TEBAEV: Telebachilleratos del Estado de Veracruz.  
COBAO: Colegio de bachilleres del Estado de Veracruz.  
ANOVA: Análisis de varianza.



**- Gracias por leer -**

:)