



La contaminación acústica: una propuesta interdisciplinar en un espacio de educación no formal

Brian Alexander Pizza Ocampo
Esneider Andrés García Agudelo

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

Asesor

Jaime Andrés Carmona, Magíster (MSc) en Educación

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Licenciatura en Matemáticas y Física
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita

(Pizza Ocampo & García Agudelo, 2023)

Referencia
Estilo APA 7 (2020)

Pizza Ocampo, B. A., & García Agudelo, E. A. (2024). *La contaminación acústica: una propuesta interdisciplinar en un espacio de educación no formal* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Grupo de Investigación MATHEMA-FIEM

Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi madre. A quien siempre ha creído en la educación. De quien espero acoger todos sus valores. A ella por simplemente ser ella; a ella por todo. **Alexander Pizza.**

Agradecimientos

A Walter Gómez y al equipo de liderazgo de Parque Explora, por hacer gestión permanente para habitar los espacios del museo. A Cindy Arboleda y Alejandra Ortiz, por aportar con sus experiencias, trayectorias y saberes disciplinares a la búsqueda de cada vez mejores experiencias de aprendizaje. A los estudiantes que hicieron parte de esta investigación, por enriquecerla; es por ellos que maestras y maestros, en la escuela y fuera de ella, aprendemos. Finalmente, pero con gran entusiasmo, a nuestro maestro asesor, Jaime Andrés Carmona, por la paciencia, por la exigencia y capacidad de adaptación; por enseñar a trabajar, incluso, al margen de la incertidumbre. **Alexander Pizza.**

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Planteamiento del problema	14
2. Objetivos.....	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivo específico	18
3. Marco conceptual	19
3.1 Educación informal, formal y no formal	19
3.2 Pertinencia, aportes y desafíos de la complementariedad entre MICT y EF.....	21
3.3 Concepto de disciplina y los niveles de integración disciplinar	23
3.4 Concepto de aprendizaje vivencial y experiencias interactivas.....	25
3.5 Predicción, observación y explicación: el Método POE en procesos de AV	27
3.6 Mediación y mediadores en MICT	28
3.7 Contaminación acústica.....	29
3.8 Sonido y ruido	30
3.9 Propiedades físicas del sonido y el sonido fisiológico	31
3.9.1 Sonido.....	31
3.9.2 Frecuencia.....	31
3.9.3 Nivel de intensidad	32
3.10 El paisaje sonoro: sonido y sociedades.....	33
3.11 Ecología acústica y aves	35

4. Marco metodológico.....	38
4.1 Caracterización de los participantes	38
4.2 Registros y datos.....	40
4.3 Ruta analítica y categorías de análisis	42
4.4 Consideraciones éticas.....	45
4.5 Implementación	45
4.5.1 Selección de experiencias interactivas	45
4.5.2 Momentos de la implementación.....	51
5. Resultados y análisis.....	54
5.1 Categoría: Necesidades operativas	54
5.1.1 Tiempo y dinamización	54
5.1.2 Convivencia	58
5.2 Categoría: Necesidades metodológicas de enseñanza	59
5.2.1 Aprendizajes favorecidos en conocimientos vinculados a la sociedad	59
5.2.2 Aprendizajes favorecidos en física.....	69
5.2.3 Aprendizajes favorecidos por los conocimientos en ecología.....	82
6. Conclusiones.....	92
Referencias	95
Anexos.....	99

Lista de tablas

Tabla 1 Algunas características de las metodologías del aprendizaje vivencial	27
Tabla 2 Niveles de presión sonora correspondientes a sonidos y ruidos típicos	33
Tabla 3 Subcategorías asociadas a las necesidades operativas	42
Tabla 4 Subcategoría asociada a las necesidades de enseñanza	43
Tabla 5 Valoración de los aportes de la propuesta de recorrido y materiales didácticos.....	44
Tabla 6 Módulos interactivos y conceptos desarrollados en cada cartilla didáctica	46
Tabla 7 Descripción de módulos interactivos por cada cartilla didáctica	48
Tabla 8 Fases y características de la implementación.....	52
Tabla 9 Respuestas a preguntas de la C1	63
Tabla 10 Construcciones teóricas, preguntas y deducciones	81

Lista de figuras

Figura 1 Respuestas que suscitaron poco interés escritural	56
Figura 2 Lectura de contextualización 1 de la C1	61
Figura 3 Representación del G3	62
Figura 4 Fotografía centro de Medellín	63
Figura 5 Lectura inicial para el abordaje de C2	65
Figura 6 Lectura de reflexión en torno a la comunicación sonora en humanos y aves.....	68
Figura 7 Concepto de sonido según G3	72
Figura 8 Infografía sobre cualidades del sonido en la C2	74
Figura 9 Breve lectura introductoria en física de la C3	76
Figura 10 Representación del sonido en el aire según los estudiantes del G4.....	77
Figura 11 Crucigrama sobre propiedades físicas del sonido de la C3	78
Figura 12 Solución del crucigrama de propiedades físicas del sonido, G3	79
Figura 13 Hallazgo de pista a partir del crucigrama, G3	79
Figura 14 Lectura de contexto en ecología para la C1	84
Figura 15 Lectura introductoria a las fuentes generadoras de CA en la C2.....	87
Figura 16 Representación de la CA por parte de G2 (a), G3 (b) y G4 (c)	89
Figura 17 Lectura para reflexiones en ecología, C3	90

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ABP	Aprendizaje Basado en Problemas
ABPr	Aprendizaje Basado en Proyectos
ABR	Aprendizaje Basado en Retos
AV	Aprendizaje Vivencial
CA	Contaminación Acústica
C1	Cartilla 1
C2	Cartilla 2
C3	Cartilla 3
CIDE	Consejo Internacional Para el Desarrollo de la Educación
DC	Diario de Campo
EF	Educación Formal
EI	Educación Informal
ENF	Educación No Formal
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
G3	Grupo 3
G4	Grupo 4
ICOM	Consejo Internacional de Museos
MICT	Museos Interactivos de Ciencia y Tecnología
OMS	Organización Mundial de la Salud
POE	Predecir, Observar y Explicar

Resumen

El presente trabajo es una investigación llevada a cabo en la colección de música y sonido de un museo interactivo de ciencia y tecnología. El estudio aborda la desafiante problemática sobre equilibrar la diversión y la enseñanza que plantean estos centros de educación no formal, en aras de complementar la educación escolar. La investigación trazó como principal objetivo identificar las oportunidades de aprendizaje interdisciplinar favorecidas por una propuesta de visita para estudiantes al interior del museo, bajo el diseño de un hilo conductor sobre la contaminación acústica como tema integrador de tres disciplinas (ciencias sociales, física y ecología) y de los elementos museográficos de la colección interactiva.

La ruta metodológica del estudio está a la luz del paradigma cualitativo con enfoque interpretativo. Los datos triangulados emergen de registros de diarios de campo de los investigadores, el contenido de entrevistas semiestructuradas y el material escritural suministrado por cuatro grupos de estudiantes que visitaron el museo, y compilado en tres cartillas didácticas diseñadas para la orientación de sus recorridos.

Se construyeron dos categorías de análisis, una para analizar los aportes de la propuesta frente a las necesidades operativas de la visita, otra para abordar las necesidades metodológicas de enseñanza. Al respecto, se destacan resultados que sugieren que la implementación de la propuesta diseñada favoreció la permanencia activa de los estudiantes, el trabajo en equipo y la convivencia con públicos no escolares. Así mismo, se favorecieron acercamientos a conceptualizaciones propias de las disciplinas, complementarias a los saberes escolares, y a la contextualización de los mismos a la problemática ambiental de la contaminación acústica.

Palabras clave: aprendizaje vivencial, interdisciplinariedad, museo interactivo de ciencia y tecnología.

Abstract

The present work is a research carried out in the music and sound collection of an interactive museum of science and technology. The study addresses the challenging problem of balancing the fun and teaching offered by these non-formal education centers, in order to complement school education. The main objective of the research was to identify the interdisciplinary learning opportunities promoted by a visit proposal for students inside the museum, under the design of a guiding thread on noise pollution as an integrating theme of three disciplines (social sciences, physics and ecology) and the museographic elements of the interactive collection.

The methodological path of the study is in light of the qualitative paradigm with an interpretative approach. The triangulated data emerge from the researchers' field diary records, the content of semi-structured interviews and the scriptural material provided by four groups of students who visited the museum, and compiled in three teaching manuals designed for the orientation of their courses.

Two categories of analysis were constructed, one to analyze the contributions of the proposal to the operational needs of the visit, another to address the methodological needs of teaching. In this regard, we highlight results that suggest that the implementation of the proposal favored the active permanence of students, teamwork and coexistence with nonschool audiences. Likewise, they favored approaches to conceptualizations specific to the disciplines, complementary to school knowledge, and the contextualization of them to the environmental problems of noise pollution

Keywords: experiential learning, interdisciplinarity, interactive museum of science and technology.

Introducción

Los museos interactivos de ciencia y tecnología han ganado un reconocido papel en la educación de niños, niñas y jóvenes en edad escolar. Su aporte a la complementariedad de la educación tradicional incluye el diseño de espacios, contenidos y metodologías que permiten la convergencia de los intereses de quienes visitan las colecciones, los saberes científicos y culturales, así como el abordaje de algunas problemáticas de la realidad social y ambiental. De esta manera, los museos de esta categoría se configuran como escenarios de aprendizaje innovador, de cara a un mundo en constante cambio que precisa estar informado para asumir posturas críticas.

Sin embargo, desarrollar propuestas innovadoras para la corta permanencia de los estudiantes en estos escenarios, expone algunos desafíos metodológicos y operativos que dificultan los procesos de formación complementaria. Es por esto que los museos interactivos de ciencia y tecnología están centrando la atención en la evaluación de los procesos educativos favorecidos en estos escenarios (Cazaux, 2019).

Algunas de las propuestas registradas en la literatura sugieren como clave la integración del contenido museográfico con el currículo escolar y actividades que involucren a los estudiantes (Griffin 2004; Sánchez 2013). No obstante, estos últimos no siempre se sienten motivados, tienen intereses diversos y priorizan el divertimento frente al aprendizaje. Además, se reconocen dificultades para lograr una integración entre los contenidos museográficos y curriculares de la escuela. En ese sentido, se considera que los objetivos para mejorar la experiencia educativa en los museos deben considerar el fomento del interés por parte de los estudiantes, quienes esperan una modalidad de aprendizaje distinta a la escolar (Sánchez, 2013).

En aras de contribuir al fortalecimiento de la relación escuela-museo, la presente investigación aborda un acercamiento a la teoría de los desafíos que dicha relación implica. Así mismo, expone los resultados de una propuesta metodológica construida desde la integración del contenido museográfico en una colección interactiva de música y sonido, a través el diseño de un hilo conductor de carácter interdisciplinar con el concepto de la contaminación acústica. Las áreas del conocimiento integradas fueron las ciencias sociales, la física y la ecología.

Siguiendo a Moore (2013), se fortaleció la propuesta a partir del aprendizaje vivencial, como premisa para reconocer la importancia de la participación activa de cada estudiante en su

proceso personal de construcción de conocimiento. De esta manera, la propuesta se aparta de la idea de que los estudiantes deban permanecer en el espacio interactivo de manera pasiva, como consecuencia de carencias metodológicas (Moore, 2013). Por el contrario, se diseñó la intervención del estudio involucrando el trabajo colaborativo y la estimulación de las dimensiones cognitivas, afectivas y motrices planteadas por Sánchez (2013).

El contenido escrito consta de cinco capítulos. El primero expone los desafíos en términos de operatividad y metodologías educativas del museo, identificados a partir de la observación y en contraste con la literatura.

El segundo capítulo exhibe a manera de marco conceptual dos grupos de conceptos: primero, los referidos a la educación en sí, como la educación formal, no formal e informal, la pertinencia y desafíos de la relación museo- escuela, aprendizaje vivencial, entre otros. Segundo, los conceptos propios del hilo conductor diseñado. Estos son, el sonido desde la física, la contaminación acústica, la sociedad y la ecología; conceptos que soportan teóricamente el contenido de la propuesta.

El tercer capítulo describe el marco metodológico de la investigación. Esta se fundamenta en el paradigma cualitativo con enfoque interpretativo. El capítulo describe, además, la población escolar abordada, los registros por ella suministrada, tales como transcripciones de audio de entrevista semiestructurada, manuscritos de los estudiantes y diarios de campo de los investigadores, así como las categorías de análisis de la información y el protocolo ético.

El cuarto capítulo aborda los resultados hallados a partir de las categorías de análisis trazadas: necesidades operativas y necesidades metodológicas de enseñanza. Y finalmente, el quinto capítulo declara las conclusiones, alcances de la propuesta y las recomendaciones para futuras investigaciones en el área.

Con este trabajo se espera contribuir ofreciendo una actualización en la literatura sobre escenarios de educación no formal y los museos de ciencia y tecnología. Así mismo, con especial admiración y respeto, el trabajo pretende contribuir a maestros y maestras que deseen fortalecer su visión sobre el aporte de los museos interactivos de ciencia y tecnología, con el fin de nutrir sus clases en el aula a partir de contenidos a los que, por realidades del contexto, como recursos y dotación, no se tiene común acceso; el museo dispone de espacios físicos, infraestructura y módulos para todo tipo de gustos y formas de aprendizaje.

Finalmente, este trabajo espera contribuir a museos interactivos de ciencia y tecnología, quienes, en cumplimiento de su responsabilidad social y educativa, no están desconectados de las realidades y necesidades de la escuela. Los estudiantes, la mayoría del público que les acude, son mucho más que cifras, y requieren contenidos y metodologías educativas estructuradas y cada vez más fortalecidas de la mano de la reflexión pedagógica (Cazaux, 2019; Trilla, 1993). Es por esta característica que los museos, inclusive los interactivos, se distinguen de los parques de diversiones y cualquier otro escenario de la ciudad. Su compromiso para con la ciudadanía y el sujeto escolar está en su contribución a la formación integral del ser; de la persona en todas sus dimensiones.

1 Planteamiento del problema

Los museos se consideran escenarios de educación importantes para la ciudadanía. Según el Consejo Internacional de Museos (ICOM, por sus siglas en inglés), estos son instituciones sin ánimo de lucro para el servicio de la sociedad; investigan, coleccionan, conservan, interpretan, exhiben y comunican ética y profesionalmente patrimonio material e inmaterial a través de experiencias para la educación, el disfrute, la reflexión e intercambio de conocimientos ¹.

El origen de los museos aparece con el interés de coleccionar objetos en los llamados gabinetes de curiosidades de la Antigüedad y el Renacimiento, sin embargo, necesidades propias de la Modernidad como la tecnificación de los procesos derivados de la industrialización, movilizaron reflexiones en torno a la contribución educativa y de *instrucción* profesional de estos escenarios (Cazaux, 2019; Pedersoli, 2003). Hasta este punto, el único papel del visitante de un museo era el de espectador.

En las décadas de 1960 y 1970 se concibió un nuevo tipo de relación entre visitantes y los objetos de las exposiciones: la *interacción*. De esta manera, emerge una categoría de museos denominados Museos Interactivos de Ciencia y Tecnología (en adelante MICT), los cuales desarrollan su propuesta educativa basada en la participación activa, la experimentación y el hacer; la frase que mejor les caracteriza esta propuesta es “prohibido no tocar” (Cazaux, 2019; Pedersoli, 2003).

Los principales visitantes de los MICT son los estudiantes, por eso son ellos en quienes se ha puesto mayor atención a la hora de evaluar cómo es el aprendizaje favorecido en estos escenarios (Cazaux, 2019). Desde su vinculación bajo el objetivo de complemento a la educación formal -es decir, la educación institucionalizada por escuelas, colegios y universidades-, los MICT han trabajado conjuntamente con las instituciones escolares en la creación de experiencias de ciencias adecuadas para sus estudiantes, contribuyendo con el servicio de recorridos guiados por las salas de exhibición e interacciones, capacitaciones y talleres con docentes, así como el diseño de materiales didácticos para la enseñanza de las ciencias en el aula, entre otros aspectos (Cazaux, 2019). Ha sido esta relación, bajo el objetivo de complementariedad educativa, la que

¹ Véase la definición oficial en <https://lc.cx/xaZyXs>

ha capturado el interés por estudiar las contribuciones de nuevos métodos de enseñanza y formas de aprendizaje, así como los desafíos que el cumplimiento de estos propósitos implica.

En este sentido, pueden identificarse en la literatura varios aportes de los MICT a las formas de enseñanza de la educación escolar. De acuerdo con Cazaux (2019), Pedersoli (2003) y Smitter (2006) se destaca que la visita a museos propicia el abordaje de temas que no hacen parte del plan de estudios regular en los sistemas educativos, que pueden transitar entre ambos contextos por medio de reflexiones *interdisciplinares* vinculadas a las necesidades y problemáticas de la sociedad. Ejemplo de lo anterior es la contaminación ambiental y cambio climático, nuevas tecnologías o desarrollo sostenible, sin dejar a un lado los temas “clásicos” de las ciencias como el Teorema de Pitágoras, las Leyes de Mendel o las Leyes del Movimiento de Newton ². Por este motivo los MICT se consideran espacios para el acercamiento a una gran amplitud de temas que pueden resultar útiles para enfrentar las exigencias de los cambios de pensamiento, así como las innovaciones científicas y tecnológicas.

Al respecto, Wellington (1990) expone que el aprendizaje que se da por fuera del marco escolar es mayor al que se logra en el aula de clase y los factores de entornos distintos a la escuela inciden de forma positiva sobre los resultados educativos de los estudiantes. Dicho de otra manera, los estudiantes son sujetos que aprenden- también y mayoritariamente- por fuera de la escuela, contextos donde los MICT reportan su potencial.

Así mismo, ya que los MICT concentran en sus objetivos la misión de educar de manera *no escolarizada*, los temas y conceptos de arte, ciencia o tecnología se comunican y enseñan con un enfoque distinto a los de la educación formal. Lo anterior, con la intención de que el visitante involucre la mayoría de sus capacidades sensoriales, intelectuales, psicomotrices y afectivas en la generación de nuevos procesos de aprendizaje (Cazaux, 2019; Sánchez, 2013). De esta manera, la finalidad del museo es brindar a la sociedad un espacio de encuentro con su patrimonio cultural mientras promueve el aprendizaje y la recreación, demostrando que estos no necesariamente se excluyen entre sí. Cazaux (2019) lo sintetiza al enunciar que los MICT se proponen i) que los visitantes disfruten las experiencias ofrecidas, ii) que los visitantes logren algún aprendizaje, y iii) que los visitantes vean “retadas” sus habilidades mentales de una manera llamativa.

² Véase, por ejemplo, la exhibición temporal del Museo de Ciencias Naturales de La Salle, en Medellín, llamada *El cielo no es naranja*, acerca de la contaminación lumínica en las ciudades.

No obstante, el equilibrio entre el aprendizaje y la recreación no es fácil de alcanzar. Estudios revelan que cuando la educación y el entretenimiento cohabitan el mismo lugar, la educación pasa a otro plano y es “la perdedora” en esta relación; dicho de otro modo, las personas prefieren consumir e invertir en bienes y servicios de diversión, no de aprendizaje (Shortland, 1987). Concretamente, para el caso de los MICT Sánchez (2013) reporta como consecuencia de este desequilibrio: desinterés de los estudiantes por los contenidos acerca de ciencia y arte del museo, mal uso de los módulos interactivos y tecnológicos, alteración de las logísticas, exceso de ruido y, en consecuencia, poca convivencia con públicos no escolares que visitan simultáneamente el lugar.

A las consecuencias anteriores se suma la dificultad para evaluar los efectos que generan en sí mismas las experiencias de aprendizaje en entornos extraescolares o no formales. En otras palabras, se hace complejo evidenciar y constatar los posibles aprendizajes adquiridos o fortalecidos por los estudiantes al visitar un centro interactivo de ciencias (Sánchez, 2013; Soto et al., 2013). Adicional a que los estudiantes prevén únicamente por experiencias de diversión fuera del aula, no se disponen a una evaluación, menos aún si esta contiene instrumentos propios de la educación tradicional; por lo tanto, se hacen escasos los reportes de aprendizajes alcanzados (Acevedo y Carmona, 2021; Allen y Peterman, 2019; Cardona et al, 2020).

En consecuencia, es posible afirmar que uno de los principales desafíos de los MICT con los públicos escolares es el hecho de combinar el aspecto lúdico con el educativo. Esto es, conseguir que la visita pueda alcanzar y evidenciar los objetivos de aprendizaje, sin perder la impronta de la diversión (Morentín, 2010). Al respecto, las observaciones en el contexto de interés para la presente investigación³ evidenciaron que las consecuencias reportadas por Sánchez (2013) eran habituales, por lo tanto, se ratificó este desafío de articulación entre lo lúdico y lo educativo en el escenario foco del estudio.

Aunque se han identificado estrategias para abordar esta problemática en el contexto situado, como por ejemplo los recorridos guiados por parte de los mediadores al interior de las colecciones interactivas, se evidencia que: i) existe la posibilidad de no lograr llevar a cabo tales recorridos y la estrategia queda solo en el diseño, pues implementar exitosamente el recorrido

³ Pizza, diario de campo (en adelante DC) del 27 de septiembre de 2022; Pizza, DC del 04 de octubre de 2022; García, DC del 13 de septiembre de 2022.

demanda múltiples factores, como que el itinerario sea cabalmente cumplido y que no hayan retrasos temporales en los grupos; además de requerir una cantidad fija de mediadores al interior de la colección⁴. Otra eventualidad es desarrollar un recorrido introductorio al interior del espacio interactivo, a través de la visita e interacción con algunos módulos y luego se permite que los estudiantes recorran libremente la sala. Sin embargo, durante la implementación de la segunda estrategia emergen algunos desafíos como lograr capturar la atención de grupos numerosos de estudiantes, ya que estos se ven desestimulados por abordar contenidos científicos tan pronto han descubierto el funcionamiento de los módulos rápidamente, por lo cual demandan ir a otro espacio interactivo. A esto se añade que no todos los mediadores de los MICT tienen una formación en educación, pedagogía y didáctica que permita el control de dichas situaciones⁵.

El reconocimiento de la problemática situada y el plantear posibles estrategias para solucionarla es importante, en cuanto la *intencionalidad* de los procesos de enseñanza, así como los *métodos* empleados con los estudiantes, hacen de los museos escenarios de educación no formal en donde convergen públicos escolares, grupos familiares y visitantes esporádicos (Trilla, 1993). De esta manera se conciben los museos como instituciones que se repiensean pedagógicamente para su contribución a la educación escolar (Cazaux, 2019), y es menester que la permanencia en sus instalaciones signifique algo más que diversión; la visita a estos espacios debe ser diferenciadora en términos de aprendizaje y pueden aprovecharse todos los recursos que ofrecen.

En consecuencia, la presente investigación se plantea fortalecer los procesos educativos interdisciplinarios en un espacio de educación no formal, a partir de temáticas de interés para el contexto situado. Por lo tanto, se establece como pregunta orientadora ¿Cómo fortalecer las experiencias de aprendizaje del público escolar en un espacio de educación no formal en ciencias?

⁴ Pizza, DC del 04 de octubre de 2022; García, DC del 13 de septiembre de 2022; García, DC del 23 de septiembre de 2022.

⁵ Pizza, DC del 27 de septiembre de 2022.

2 Objetivos

En coherencia con la problemática expuesta en el capítulo anterior, y aclarando i) el contexto de esta investigación, un escenario de exhibición, interacción y educación no formal que tiene por concepto o tema central la *música* y el *sonido*; y ii) el enfoque educativo de este contexto es la interdisciplinariedad para la solución o reflexión de problemáticas contextuales y pertinentes en un MICT, este trabajo se propone los siguientes objetivos para responder a la pregunta de investigación:

2.1 Objetivo general

Identificar las oportunidades favorecidas por una propuesta interdisciplinar sobre la contaminación acústica a partir de estrategias de aprendizaje vivencial en un espacio de educación no formal en ciencias.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Favorecer procesos de complementariedad educativa desde el diseño de problemas que permitan la integración de conocimientos en las ciencias sociales, la física y la ecología, en un museo interactivo de ciencia y tecnología.

2.2.2 Sugerir estrategias logísticamente viables para la permanencia activa de estudiantes que visitan espacios de educación no formal.

2.2.3 Reconocer las ventajas de hilos conductores y materiales didácticos orientadores durante el recorrido de museos interactivos de ciencia y tecnología, que favorezcan el aprendizaje vivencial.

3 Marco Conceptual

3.1 Educación Informal, Formal y No Formal

Durante la segunda mitad del siglo XX, el interés por conocer las contribuciones sociales de la educación y de superar la pobreza extrema generó estudios referidos a las posibilidades de procesos educativos fuera de la escuela urbana y rural. Fue en este último contexto (el rural) que se identificaron problemáticas relacionadas con la pertinencia del sistema educativo respecto a las necesidades de las personas del campo. Como consecuencia, en la década de 1970 un estudio del Consejo Internacional para el Desarrollo de la Educación (CIDE) y con patrocinio del Banco Mundial, centró el interés en los programas extraescolares favorecidos para la adquisición y fortalecimiento de capacidades, conocimientos y productividad de artesanos y agricultores (Coombs y Ahmed, 1975).

Los anteriores autores plantean que la escolaridad no es el único medio por el cual un individuo se faculta o aprende, por lo tanto, declaran la existencia de tres tipos de educación: informal, formal y no formal. La *educación informal* (en adelante EI) se da en todos los lugares y tiempos a lo largo de la vida; desarrolla habilidades y conocimientos en la relación del sujeto con su entorno y los medios a los que se tiene acceso sin instrucción precisa: libros y medios de comunicación, el entorno familiar, social y el trabajo (Coombs y Ahmed, 1975).

Al respecto, la Ley General de Educación en Colombia en el Artículo 43 reza que:

“Se considera educación informal todo conocimiento libre y espontáneamente adquirido, proveniente de personas, entidades, medios masivos de comunicación, medios impresos, tradiciones, costumbres, comportamientos sociales y otros no estructurados” (Colombia. Congreso de la República, 1994, Art. 43).

La *educación formal* (en adelante EF) se refiere a la educación institucionalizada, con niveles o grados que se escalan de forma cronológica según el desarrollo de habilidades y competencias. Los referentes por excelencia de esta educación son la escuela y la universidad (Coombs y Ahmed, 1975).

En ese sentido, la Ley General de Educación en Colombia considera que:

“Se entiende por educación formal aquella que se imparte en establecimientos educativos aprobados, en una secuencia regular de ciclos lectivos, con sujeción a pautas curriculares

progresivas, y conducente a grados y títulos” (Colombia. Congreso de la República, 1994, Art. 10).

Finalmente, la *educación no formal* (en adelante ENF) se asume como cualquier actividad que propone un *objetivo de educación* o capacitación para diversos tipos de público, sea adulto o infantil; tiene lugar en espacios físicos externos a la escuela, aunque le pueda *complementar* o acompañar los procesos educativos a esta última.

En esa línea, la Ley General de Educación en Colombia plantea que:

“La educación no formal es la que se ofrece con el objeto de complementar, actualizar, suplir conocimientos y formar en aspectos académicos o laborales sin sujeción al sistema de niveles y grados establecidos en el artículo 11 de esta Ley” (Colombia. Congreso de la República, 1994, Art. 36).

Debido a discusiones entre posturas epistemológicas referidas a los conceptos anteriores, no se evidencian consensos en la literatura acerca de la tipificación de algunos escenarios educativos. Es el caso de, por ejemplo, los museos y los MICT, los cuales son reconocidos en algunas obras investigativas y artículos bajo la denominación de centros de EI; otros los reconocen como escenarios ciudadanos de ENF, debido a sus objetivos y métodos educativos delimitados, aunque distintos a los de la educación tradicional.

Con un enfoque en el estudio de las contribuciones de los MICT a los públicos escolares, el presente estudio se acoge a lo expuesto por Trilla (1993), quien señala un par de criterios que permiten reconocer estos escenarios como centros de ENF, y, por lo tanto, como un formato de educación complementaria a la tradicional para la formación de ciudadanos en edad escolar; como lo enuncia la ley en Colombia. El primer criterio tiene que ver con la *intencionalidad* del acto educativo (Trilla, 1993), es decir, con la creación de contenidos y procesos dirigidos al público escolar con un propósito educativo claro y definido. El segundo criterio está relacionado con la disposición de *métodos* para lograr los objetivos de aprendizaje (Trilla, 1993).

Trilla (1993) afirma que cuando en un formato de educación existen estos dos criterios puede referirse tanto a la EF y a la ENF, estando las diferencias entre estos escenarios en otros elementos; por ejemplo, la jerarquía educativa por grados y competencias y la asignación de títulos académicos que son exclusivos de la EF (Trilla, 1993). En el siguiente apartado se aplica la discusión de la complementariedad y pertinencia educativa entre los MICT y la EF.

3.2 Pertinencia, Aportes y Desafíos de la Complementariedad entre MICT y EF

Si bien el reconocimiento y teorización del aporte de la ENF, como se abordó en el capítulo precedente, es relativamente reciente, no fue necesaria la espera hasta el Siglo XX para la aparición de programas de alfabetización y aprendizaje en ciencias y tecnología de bibliotecas, museos y MICT. Un atisbo histórico sugiere que estos últimos, en especial, han acompañado el desarrollo del pensamiento tecnológico y científico de la humanidad desde hace varios siglos. Aparecieron inicialmente como colecciones de objetos propios del estudio en emergentes ciencias como la arqueología y la paleontología, u otras disciplinas humanas como el arte. Inicialmente las colecciones estaban reservadas para las clases aristocráticas y tenían un carácter personal y privado, aunque posteriormente surgieran como categoría particular de museos con el objetivo de la instrucción profesional y la posterior capacitación en la operación de máquinas como nueva necesidad en las demandas laborales derivada de los desarrollos industriales del siglo XIX (Cazaux, 2019).

Las últimas innovaciones de los MICT tienen que ver con la integración de nuevas audiencias y con el nulo requisito de niveles específicos de educación institucionalizada (formal) de sus visitantes. Como consecuencia, en la actualidad los MICT abarcan contenidos de divulgación e interacción para niños en disciplinas como el arte y ciencias, en planetarios y centros de tecnología (Pedersoli, 2003). Además, el abanico de objetivos de estos centros contempla mucho más que la capacitación de fuerza de trabajo y se reconfiguran como espacios contributivos de la educación escolar, la cultura general, así como la actualización relevante y pertinente en distintos saberes. En este sentido, la educación relevante y pertinente es aquella que favorece la apropiación de diversos saberes valorando las especificidades y problemáticas de las exigencias sociales y personales del sujeto que aprende (Proantioquia, 2018; Unesco, 2008).

En congruencia con lo anterior, la oportunidad que ofrece los escenarios de EF como complemento a la escuela es la de disponerse a la amplitud y flexibilidad de temas que pueden resultar útiles para enfrentar las exigencias de los cambios de pensamiento, así como las innovaciones científicas y tecnológicas y problemáticas sociales (Smither, 2006).

La literatura también reconoce las dificultades que esta relación de complementariedad y pertinencia implican. En el contexto español, donde destacan importantes MICT en ciudades como La Coruña, o el Museo de las Ilusiones en Madrid, Morentin (2010) reúne algunas

conclusiones en las que se destaca una dicotomía de los públicos escolares al interior de los museos que se da entre la exploración (en relación al juego y la curiosidad) y el aprendizaje que se caracteriza por métodos de enseñanza implementados a menudo como recorridos y actividades guiadas. Según este autor, el principal desafío durante la visita guiada de públicos escolares a los MICT es el hecho de equilibrar el aspecto lúdico con el educativo. Esto es, conseguir que la visita pueda alcanzar objetivos de aprendizaje sin perder la diversión que la hace llamativa y diferenciadora para la población escolar.

Morentin (2010) también plantea como una problemática la dificultad de definir y medir el aprendizaje de los públicos en su visita a un museo; en especial, de públicos tan diversos como los escolares. Este autor afirma que en este contexto el aprendizaje se trata de un proceso espontáneo e individualizado que no puede ser impuesto al visitante, al reconocer que este participa de la visita con un bagaje de conocimientos, experiencias e intereses particulares.

En el contexto latinoamericano, específicamente en México y Colombia, las conclusiones son semejantes. En México, Sánchez (2013) destaca la importancia del fortalecimiento en la relación entre los MICT y la escuela, señalando que las visitas a los museos y otros escenarios extraescolares estimulan el desarrollo de habilidades psicomotrices y afectivas. Sin embargo, reconoce la existencia de quejas bidireccionales en esta relación de complementariedad.

Por un lado, los MICT refieren principalmente quejas sobre logística y comportamiento como: la falta de participación y control de los grupos escolares, el mal uso de los equipos, la falta de interés de los alumnos, el ruido excesivo y la alteración de los itinerarios (Sánchez, 2013). Por otro lado, las escuelas reclaman por la inversión de tiempo fuera del aula de clases, la falta de coincidencia y pertinencia con las temáticas del currículo y la ausencia de orientaciones para el trabajo en el museo y de complemento en el aula (Sánchez, 2013).

En Colombia, Soto et al. (2013) señalan que el país cuenta con veintitrés centros de ciencia y tecnología, posicionándolo como una potencia educativa latinoamericana en el contexto de la ENF luego de México y Brasil. Según los autores, aunque existen redes de colaboración entre museos y MICT, los desafíos en estos escenarios educativos se dirigen en dos líneas: la primera, en hacer evidentes las interrelaciones en la ciudad y con los actores de la EF como directivos, maestros y estudiantes. La segunda, y que se encuentra en concordancia con el antes citado contexto español, el seguimiento evaluativo que dé cuenta de nuevos aprendizajes de los estudiantes durante la visita.

Como propuesta para enfrentar las dificultades reconocidas en la relación MICT y la escuela, Griffin (2004) y Sánchez (2013) enuncian cinco pautas o elementos: i) alineación y adaptación con los estándares que constituyen el plan de estudios en las áreas de ciencias; ii) contacto previo y posterior a la visita en el museo; iii) apuesta por la integración conceptual entre materias y disciplinas del plan de estudios; iv) conexión entre las experiencias del salón de clases con las vivenciadas en el centro de ciencias; y v) producciones hechas por los estudiantes, basadas en la solución de problemas que implique la participación activa, la construcción de diseños y el trabajo colaborativo.

De lo anteriormente expuesto se destacan las bondades de estrechar el vínculo entre el museo y la escuela a través de los contenidos disciplinares, así como los contenidos del currículo y el espacio museográfico, enfocados a la participación activa de los estudiantes. Por ello, otro elemento clave en esta investigación es la interdisciplinariedad o integración disciplinar, por lo cual se amplía a continuación en reflexiones al respecto.

3.3 Concepto de Disciplina y los Niveles de Integración Disciplinar

Distintas propuestas en torno al fortalecimiento de experiencias de aprendizaje, tanto en la EF como en la ENF, han revelado la importancia de enfoques en temas pertinentes para los públicos objetivos a partir de problemáticas situadas, que susciten la reflexión a partir de distintas áreas del saber y generen una conexión entre el conocimiento disciplinar y las situaciones del contexto de quienes aprenden. Véase al respecto, por ejemplo, los elementos citados anteriormente de Griffin (2004) y Sánchez (2013). Para comprender de mejor manera la idea de integración disciplinar, es necesario un acercamiento al concepto de *disciplina*.

Según la Real Academia Española dos de las acepciones de este término son: i) Doctrina, instrucción de una persona, especialmente en lo moral, y ii) Arte, facultad o ciencia (Real Academia Española, s.f., Definición 1). En el contexto de habla inglesa, Choi y Pak (2006) señalan que al concepto *discipline*, se relacionan significados que refieren a las ramas del conocimiento e instrucción. Algunos ejemplos de disciplinas son la Antropología, la Biología, la Economía, la Arquitectura, la Historia o la Teología.

Ahora bien, pueden tejerse cuatro distintos tipos de relaciones o niveles de integración entre las disciplinas: monodisciplinar, multidisciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar. Los

niveles se categorizan según la predominancia, yuxtaposición, independencia o codependencia de las distintas áreas del conocimiento para el desarrollo de un nuevo aprendizaje o la solución a una problemática situada.

Un estudio condensado a manera de rúbrica⁶ para el análisis de los niveles de integración disciplinar es propuesto por Carmona-Mesa et al. (2019); en él se caracteriza al nivel *monodisciplinar* como aquel en el cual existe una notoria dominancia de una disciplina y es propuesta como saber de aula, no fuera de ella. De poca pertinencia frente a los problemas o necesidades contextuales de los estudiantes y sin trabajo colaborativo entre pares.

El nivel *multidisciplinar* es entendido como un nivel en el cual se presenta la yuxtaposición de disciplinas. Es decir, estas permanecen con independencia en relación a las demás, y no hay puntos de convergencia entre áreas. Tanto las disciplinas como los resultados de aprendizaje en el estudiante son independientes e individuales y limitados a los temas de interés del currículo escolar (Carmona-Mesa et al., 2019).

El nivel *interdisciplinar* se caracteriza por la interacción y convergencia de al menos dos disciplinas que contribuyen a reflexionar o solucionar un problema contextual y de utilidad para los estudiantes. Estimula el trabajo colaborativo a través de una evaluación iterativa y centrada en la valoración de todo el proceso de aprendizaje (Carmona-Mesa et al., 2019). Finalmente, el nivel *transdisciplinar* se caracteriza por el trabajo a través y más allá de las disciplinas, con la participación de científicos y no científicos durante tiempo prolongado y en la construcción de nuevos marcos conceptuales de cara a un problema (Choi y Pak, 2006; Henao-Villa et al, 2017).

Si bien la literatura no reporta una metodología específica para algunos enfoques de enseñanza, se reconocen de forma implícita las metodologías más potentes para el favorecimiento de conexiones disciplinares, especialmente como forma de estimular a los estudiantes hacia una experiencia intencionada en la construcción de saberes y la solución-reflexión de problemáticas contextuales (Carmona-Mesa et. al, 2020). Las metodologías destacables son: diseño ingenieril, pensamiento computacional, indagación, modelación matemática y el aprendizaje basado en proyectos (Carmona-Mesa et. al, 2020). Este último, junto con el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en retos, se reconocen como categorías del denominado

⁶ Véase rúbrica completa en anexos.

aprendizaje vivencial (Observatorio IFE, 2015), el cual se abordará con mayor detalle a continuación.

3.4 Concepto de Aprendizaje Vivencial y Experiencias Interactivas

Según Moore (2013), el *aprendizaje vivencial* (en adelante AV), es el nombre que se asigna a la propuesta educativa que se enfoca en permitir a los estudiantes cerrar la brecha entre el saber académico y teórico con el saber pragmático a través de la experiencia. Esto se logra al exponer con los estudiantes las condiciones de determinado contexto y permitirles participar activamente en la construcción de su conocimiento (Moore, 2013). De esta manera, las propuestas de AV no se enfocan en permitir solo vivir la experiencia, o que los estudiantes “participen en algo”, sino que busca favorecer el análisis y observación de manera crítica, así como examinar los elementos de la experiencia a la vez que interactúan con otros estudiantes (Moore, 2013; Observatorio IFE, 2015).

Metodologías como el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje basado en retos han tenido soporte teórico a partir de trabajos en pedagogía y didáctica como los de Dewey, Piaget y Kolb, quienes sostienen la importancia de la interacción y la participación activa durante los procesos de aprendizaje (Moore, 2013; Observatorio IFE, 2015). En el contexto particular de los MICT, las *experiencias interactivas*, es decir, los módulos y espacios físicos con diseños y contenidos en ciencias dispuestos para la exploración, indagación y divertimento dentro de las instalaciones del museo, son un recurso invaluable para el aprendizaje en ciencias. En especial, por proporcionar nueva información, estimular el desarrollo de destrezas y habilidades y favorecer una serie de actitudes como la curiosidad y la creatividad que contribuyen a la formación integral de la persona (Cazaux, 2019; Sánchez, 2013).

Las experiencias interactivas inciden de forma positiva y sustancial en la asimilación de conceptos. Al respecto, Cazaux (2019) y Dueñas (2008) declaran que mientras que se recuerda el 10% de lo que puede leerse, el 20% de lo que puede escucharse y el 30% de lo que puede verse, las personas promedio son capaces de recordar el 90% de las cosas que hacen.

Aunque puede argumentarse que todas las propuestas de AV implican la resolución de problemas (definidos *a priori* como emergentes), las propuestas de AV pretenden vincular activa y colaborativamente a los estudiantes en sus procesos de aprendizaje. Por lo tanto, es importante

demarcar los alcances de cada propuesta y su viabilidad al interior de un escenario de ENF como un MICT, especialmente en su misión de complementariedad a la EF a través de los acompañamientos y recorridos por sus instalaciones. Estos alcances pueden considerarse en función de factores como: tiempo de la implementación (corto o mediano plazo), tipo de situación dinamizadora o problemática (si es real o es ficticia) y tipo de solución que se busca (solución concreta: desarrollo de bien o servicio, o reflexión-propuesta).

Por su parte, el *aprendizaje basado en proyectos* (en adelante ABPr) se estructura como una metodología que se centra en el “hacer” más que en el “aprender sobre algo”. Tiene génesis con una pregunta guía y se espera que ante una situación problemática realista los estudiantes presenten un producto, actuación o evento tangible que dé lugar a una solución para finalmente ser divulgada (Lamer, 2015; Observatorio IFE, 2015; Swiden, 2013). Como dicho producto, actuación o evento tangible puede presentar durante el proceso mejoras incrementales en la ejecución del proyecto, es factible asumirla como una metodología para implementarse a mediano plazo (Martí et. al, 2010; Swiden, 2013).

De la misma manera, el *aprendizaje basado en retos* (en adelante ABR) parte de una problemática real. La diferencia respecto al ABPr se centra en que no se inicia de una pregunta guía o situación específica indicada, sino que los estudiantes se exponen a una situación problemática relevante y abierta alrededor de la cual ellos deciden el reto a abordar y se requiere del desarrollo de una acción concreta para la solución del hecho (Observatorio IFE, 2015).

Finalmente, el *aprendizaje basado en problemas* (en adelante ABP) se caracteriza por ser una propuesta versátil en la naturaleza del problema, pues este puede ser relevante, aunque ficticio y, por lo tanto, no se precisa de una solución real (Lamer, 2015; Observatorio IFE, 2015). Los estudiantes tienen contacto con nueva información y el proceso de aprendizaje es *autodirigido* a partir de un problema *diseñado* (Boud, 1985, como se citó en Savin-baden y Major, 2004; Observatorio IFE, 2015). Este es un enfoque más centrado en el proceso reflexivo y de aprendizaje de los estudiantes, que en los productos de las soluciones que ellos brindan (Observatorio IFE, 2015). Por lo anterior, esta metodología puede ser pertinente para momentos de corta duración.

La Tabla 1 sintetiza la información anterior contrastando las características más relevantes – aunque no exclusivas - de las metodologías del AV. En particular, por el contexto objetivo de la

presente investigación se define el ABP como la alternativa más pertinente; en ese sentido, se amplía en el siguiente apartado detalles del proceso educativo bajo esta metodología en ciencias.

Tabla 1

Algunas Características de las Metodologías del Aprendizaje Vivencial

Característica	Metodología		
	Aprendizaje Basado en Proyectos	Aprendizaje Basado en Retos	Aprendizaje Basado en Problemas
Plazo de implementación *	Mediano	Corto – mediano	Corto
Naturaleza del problema	<ul style="list-style-type: none"> • Contextual – Relevante – Real • Pregunta guía 	<ul style="list-style-type: none"> • Contextual – Relevante – Real • Situación abierta 	<ul style="list-style-type: none"> • Relevante – Ficticio • Situación diseñada
Tipo de solución	Producto, actuación o evento tangible	Acción concreta	Reflexión, propuesta

* Para implementaciones con grupos escolares, se entenderán los plazos como: corto, cuando se desarrolla entre una y dos sesiones de clase (o su tiempo equivalente). Y mediano, cuando se desarrolla entre medio y un período académico.

3.5 Predicción, Observación y Explicación: el Método POE en procesos de AV

La literatura en educación en ciencias sugiere que la toma de decisiones informadas de los sujetos frente a situaciones personales, sociales, ambientales, locales y globales, dependen en gran medida de su formación en conocimientos, actitudes y valores fomentados en la etapa de escolaridad (Candela, 2018). De allí la importancia de que el acto educativo, en todos sus formatos (EF, ENF), tenga como propósito estimular capacidades para contextualizar los saberes a situaciones puntuales y que exijan una mayor dimensión de pensamiento, no solo la recordación de un contenido teórico.

Según Hernández y López (2011), *predecir, observar y explicar* (POE) en ciencias es una estrategia de enseñanza adecuada para este objetivo, pues permite conocer qué tanto comprenden los estudiantes sobre un tema al ser expuestos a un contexto que les exija tres tareas específicas: *predecir* los resultados de algún experimento o situación que se le presenta o que él mismo

realiza; después, *observar* lo que sucede y registrar sus observaciones detalladamente; y finalmente, *explicar* el fenómeno observado, adecuarlo al contexto de una problemática y reconciliar cualquier conflicto entre su predicción y sus observaciones, haciendo modificaciones teóricas o prácticas de ser necesario.

El POE exige, para alcanzar los procesos anteriores, que los educadores en ciencias prioricen la formulación de preguntas de alto nivel, en contraste con las de bajo nivel (Hernández y López, 2011). Se entienden como preguntas de bajo nivel aquellas que se logran contestar a través de la búsqueda rápida en un libro, la web o la traslación de la cuestión a un tercero, y cuyas respuestas son breves y no requieren de argumentación (Hernández y López, 2011). Así mismo, se consideran como preguntas de alto nivel aquellas que se responden a partir de la realización de experimentos, estructuración y contextualización de respuestas, el proceso metacognitivo de la reflexión, así como procesos de indagación y conversación (Candela, 2018; Hernández y López, 2011). En este último aspecto- la conversación- los MICT destacan por el ejercicio dialógico entre el personal del museo y sus visitantes, ejercicio denominado mediación, de la que se amplía en las siguientes líneas.

3.6 Mediación y Mediadores en MICT

En la misión de educar y comunicar las ciencias, los MICT trascienden el transmitir conocimientos de manera racional, unidireccional y vertical. Debido al contenido de las exposiciones y los recursos didácticos y de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), los MICT se empeñan en la creación de condiciones para que los visitantes sean capaces de construir su apropiación conceptual (Cazaux, 2019).

Tales condiciones son logradas a través de dos factores: por un lado, los elementos museográficos, de los que hacen parte las ya mencionadas experiencias interactivas, y por el otro, el acto de la *mediación*. Esta última es entendida, según Rojas (2011), como el conjunto de influencias y conversaciones intencionadas, que estructuran el proceso de aprendizaje y sus resultados en el contexto sociocultural del MICT. La mediación es la relación entre visitantes y *mediadores*, es decir, entre quienes llegan al museo y el personal capacitado en el museo, el cual debe considerar que el visitante no es un sujeto pasivo en su proceso de aprendizaje (Cazaux, 2019).

Según Cazaux (2019), los mediadores fungen como *guías educativos*, y se configuran como sujetos esenciales en las propuestas de aprendizaje libre en un MICT; ellos apoyan con sus explicaciones, demostraciones e indagaciones la comprensión de los fenómenos presentados en las exhibiciones. Es a través de los mediadores que se establece el vínculo entre los “aparatos” y los visitantes, disipando las necesidades de información y el apoyo humano que requiere el proceso de aprendizaje de una manera amistosa, ordenada y sistemática (Cazaux, 2019).

Hasta este punto de la lectura, se ha abordado la sustentación teórica referente a las conceptualizaciones sobre la ENF en los MICT. Los siguientes apartados de este capítulo abordarán aspectos relacionados con la contaminación acústica como eje integrador para una propuesta educativa interdisciplinaria, desde las dimensiones conceptuales y disciplinares de la física, las reflexiones en torno a las ciencias sociales y finalmente, la ecología; en aprovechamiento de los módulos interactivos de una exposición que tiene por temática la música y el sonido.

3.7 La Contaminación Acústica

La *contaminación acústica* (en adelante CA) refiere a la afectación resultante del exceso de ruidos o sonidos molestos, prolongados, de alta intensidad o frecuencia en un espacio dado; este tipo de contaminación no emite desecho sólido, líquido o gaseoso, y es debido a esto que, a menudo, no ocupa los primeros lugares dentro de las denuncias sociales en temas de protección de la salud y el medio ambiente (García-Sanz y Garrido, 2003; Sánchez-Gómez, 2007). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), cerca de 1000 millones de personas entre los 12 y 35 años están en riesgo de perder algún grado de audición debido a la exposición constante a estímulos sonoros fuertes, derivando en consecuencias graves para la salud física y mental.

El concepto de la CA desde el análisis contemporáneo ha cambiado radicalmente respecto a épocas anteriores: mientras la suciedad, la polución del aire, la emisión de gases por parte de los medios de transporte y el estado de potabilización de los cuerpos de agua tienen mayor tradición en la discusión y la preocupación ciudadana, las problemáticas que tienen que ver con el exceso de ruido solo han sido consideradas como tal en los últimos años.

García-Sanz y Garrido (2003) plantean que en tiempos anteriores el ruido tenía una valoración positiva, como algo consustancial de las sociedades modernas, industrializadas y

dinámicas. Hoy, esta concepción está siendo desplazada por nuevas reflexiones y las discusiones sobre CA no solo tienen vigencia, sino que han dado lugar a enfoques de estudio para su conocimiento, delimitación y control normativo (García-Sanz y Garrido, 2003).

3.8 Sonido y Ruido

Según se ha definido anteriormente, la CA es producida por ruidos en determinados escenarios. La adjetivación de estos (los ruidos) como sonidos “molestos” trasladan el concepto hacia la experiencia subjetiva y evaluación estética del sujeto que la vive, esto es, del sujeto que oye. Esta consideración se contrapone a otras que solo contemplan los patrones sonoros (ritmos), y de los cuales se puede dar cuenta a través de aparatos como el osciloscopio y el análisis armónico en las matemáticas y física.

Para Helmholtz (como se citó en Schaffer, 1972), la diferencia entre sonido y ruido es que el primero se trata de oscilaciones u ondas; de movimientos ascendentes y descendentes o el vaivén de cuerpos sonoros, con la característica de que dichas oscilaciones son regularmente *periódicas*; es decir, que constantemente retornan a la misma condición tras intervalos de tiempo exactamente iguales, mientras que el ruido se debe a oscilaciones que no son periódicas y desordenadas en el tiempo. No obstante, esta definición puede contener problemas, pues sin la evaluación estética de los sonidos, no puede hablarse de ruido. Al respecto, Schaffer (1972) indica que los sonidos industriales o vehiculares, por ejemplo, no podrían ser considerados ruidosos sino musicales, pues en el carácter de la maquinaria mecánica esta es diseñada para trabajar de manera periódica y emitir sus señales sonoras. Contrariamente, no podría considerarse musical la inclusión de timbales y otros elementos de percusión no periódicos en las orquestas sinfónicas.

Lo anterior hace del ruido una experiencia relativa: el *ruido* es cualquier señal sonora *indeseada* (Schaffer, 1972). Así, si en un concierto el tráfico vehicular fuera de la sala perturba la música, es ruido, pero cuando se abren las puertas y se comunica a la audiencia que el tránsito es parte de la textura de la obra, los sonidos dejan de ser ruido (Schaffer, 1972). De esta manera, solo se puede reservar el juicio acerca de si una señal sonora es musical o ruidosa hasta que se determine si hace parte -o no- del mensaje que ha de ser escuchado o funge como interferencia del mismo.

No obstante, se hace importante aclarar que, más allá de la valoración estética y las consideraciones de pertinencia o impertinencia de los sonidos existen propiedades. Cuando estas propiedades en sus magnitudes exceden valores precisos, generan perjuicios en la salud física y psicológica, así como en el bienestar de otras especies animales.

3.9 Propiedades Físicas del Sonido y el Sonido Fisiológico

La *acústica* es la rama de la ciencia que estudia el sonido y sus propiedades. Interdisciplinariamente aborda los sonidos en medios naturales (acústica ambiental), su percepción e interpretación humana (psicoacústica) y el diseño o acondicionamiento de recintos para el mejoramiento de la sonoridad (acústica arquitectónica), entre otros campos (Schaffer, 1972; Carrión-Isbert, 1998). A continuación, se definen algunos conceptos relacionados con esta área del saber.

3.9.1 Sonido

El *sonido* es entendido como cualquier vibración mecánica que se propaga a través de un medio material elástico y denso (habitualmente el aire), y que es capaz de producir una sensación auditiva (Carrión-Isbert, 1998). El elemento que produce el sonido se denomina *fente sonora* (la membrana de un tambor, las cuerdas de una guitarra o las cuerdas vocales son algunos ejemplos). La generación del sonido se da cuando dicha fuente entra en vibración y esta es transmitida a las partículas de aire adyacentes, quienes a su vez la transmiten a nuevas partículas contiguas. Las partículas *no* se desplazan con la perturbación, sino que oscilan alrededor de su posición de equilibrio cediendo toda la energía. La manera en que la perturbación se traslada de un lugar a otro se denomina propagación de la *onda sonora* (Carrión-Isbert, 1998).

3.9.2 Frecuencia

Una propiedad asociada al movimiento periódico de partículas es la frecuencia. La *frecuencia sonora* es el número de oscilaciones por segundo de la presión sonora y se mide en hertzios (Hz) o ciclos por segundo (c/s) (Carrión-Isbert, 1998). Así, si una fuente sonora produce

440 oscilaciones en las partículas del aire durante un segundo, se dice que la frecuencia es de 440 Hz. La gran mayoría de los sonidos que percibe el ser humano no constan únicamente de una sola frecuencia, sino que están constituidos por múltiples frecuencias superpuestas.

La banda de frecuencias audibles para una persona sana comprende, aproximadamente, de 20 Hz a 20.000 Hz (o bien 20 kHz). Las frecuencias inferiores a 20 Hz se denominan subsónicas y las superiores a 20 kHz ultrasónicas, dando lugar a los infrasonidos y ultrasonidos, respectivamente y escapan de la percepción humana (Carrión-Isbert, 1998).

3.9.3 Nivel de intensidad

Una segunda propiedad importante del sonido es el *nivel de intensidad*, relacionado con la cantidad de energía que traslada una onda sonora. La percepción humana de dicha propiedad es la que se conoce como volumen y se expresa en decibelios (dB). Debido a que el sistema auditivo humano no responde de forma lineal a los estímulos que recibe, sino que, por ejemplo, si la presión de un tono puro de 1 kHz se dobla, la sonoridad; o sensación subjetiva producida por el mismo no llegará a ser el doble, es conveniente utilizar una escala logarítmica donde el nivel sonoro se define mediante la ecuación

$$\beta = 10 \text{ Log} \left(\frac{I}{I_o} \right)$$

La constante I_o es la intensidad de referencia, considerada como el umbral auditivo ($I_o = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$), e I es la intensidad en watts por metro cuadrado en el nivel sonoro β . En esta escala, el *umbral del dolor* corresponde a un nivel sonoro de 120 dB (a este nivel, la presión del sonido sobre las estructuras auditivas se torna tan fuerte que produce un dolor físico, sangrado en los oídos y sordera), y el *umbral auditivo* a un nivel sonoro de 0 dB (es decir que 0 dB no significa ausencia de sonido, sino el nivel sonoro *por debajo* del cual una persona manifiesta no sentir un sonido) (Carrión-Isbert, 1998; Schaffer, 1972; Serway y Jewett, 2008). La Tabla 2 exhibe los niveles de presión sonora relacionados con varios sonidos y ruidos comunes, además de la evaluación subjetiva correspondiente.

Tabla 2*Niveles de Presión Sonora Correspondientes a Sonidos y Ruidos Típicos*

Fuente sonora	Nivel de presión sonora SPL (dB)	Valoración subjetiva del nivel
Despegue avión (a 60 m)	120	Muy elevado
Edificio en construcción	110	
Martillo neumático	100	
Camión pesado (a 15 m)	90	Elevado
Calle (Ciudad)	80	
Interior automóvil	70	
Conversación normal (a 1 m)	60	Moderado
Oficina, aula	50	
Sala de estar	40	
Dormitorio (noche)	30	Bajo
Estudio de radiodifusión	20	

Nota. Adaptado de Carrión-Isbert (1998)

3.10 El Paisaje Sonoro: Sonido y Sociedades

Como se ha mencionado anteriormente, las consideraciones en torno a los sonidos y al ruido han cambiado a lo largo de la historia, hasta el día de hoy que se han convertido en un tema de importancia en la evaluación de condiciones de salud y bienestar de las sociedades humanas (García-Sanz y Garrido, 2003). Las disciplinas de las ciencias sociales y humanas como la arqueología y la pedagogía musical han estudiado la importancia del sonido y la música en diferentes culturas, tiempos y contextos.

Tales han sido, por ejemplo, las reflexiones de Murray Schaffer quien introduce el concepto de *paisaje sonoro* como “un conjunto de sonidos escuchados en un lugar determinado” (Schaffer, 1970, p. 16), el cual, debido a causas antropogénicas, experimenta transformaciones. Según Schaffer (1972), cuando las poblaciones humanas eran poco numerosas y las sociedades tenían formas de vida pastoriles, el paisaje sonoro estaba dominado por los sonidos de la naturaleza: vientos, corrientes de agua, aves, truenos y otros sonidos provenientes de los

fenómenos meteorológicos. Más adelante, en los paisajes pueblerinos, las voces de los hombres y el sonido de las industrias manuales ocupaban el primer lugar entre los sonidos del entorno.

Después de la Revolución Industrial, los sonidos de las maquinarias desplazaron tanto a los sonidos humanos como a otros sonidos de la naturaleza. Así, para el último siglo, cerca del 68% de los sonidos de las ciudades provienen de las industrias y la tecnología, mientras que el 26% son propiamente sonidos humanos y apenas un 5% tiene como fuente sonora las aves y otras fuentes naturales (Schaffer, 1972).

Una conclusión derivable de lo anterior es que el ser humano es un transformador de los espacios que ocupa y, por lo tanto, del paisaje sonoro. Sin embargo, la transformación es biunívoca y las prácticas musicales que construye la especie humana dependen del lugar que habita. Estudios arqueológicos sugieren que, en comunidades prehispánicas, por ejemplo, la música creaba una experiencia sensorial en actividades cotidianas y rituales y la percepción de diferentes sonidos en el ambiente establecía la posibilidad de imitar, crear y transformar nuevas sonoridades a través de la creación cultural de instrumentos musicales (Pinzón et al., 2021).

Según Pinzón et al. (2021), en cierta medida, se puede considerar la frecuencia sonora de los elementos musicales arqueológicos como un marcador de contextos sociales, o al menos ofrecen una noción de las franjas de audición de quienes utilizaron los instrumentos musicales en culturas prehispánicas. Estos mismos autores sugieren que las producciones de instrumentos y sonidos se interpretan como una correspondencia a la configuración del entorno: zonas fluviales, manglares o selvas que tuvieron influencia con la comunicación sonora de las comunidades y en las representaciones zoomorfas o antropomorfas de los instrumentos musicales; por lo tanto, vinculando la creación de alteridades sonoras con lo animal y con la autorrepresentación de un ser sensorialmente sonoro.

En la escena musical actual, a medida que se introducen instrumentos de ejecución cada vez más versátiles, se observa una notable expansión en los rangos de frecuencia. Los sonidos electrónicos llevan al humano a los límites de lo audible en ambas direcciones (altas y bajas frecuencias), o por lo menos tan cerca de ellos como lo permiten los equipos de grabación y reproducción (Schaffer, 1970). No obstante, más allá de lo artístico y lo musical, se debe prestar especial cuidado a los sonidos del paisaje sonoro contemporáneo, pues se ha dado lugar a la aparición de sonidos de alta intensidad que amenazan la voz humana y el equilibrio de la naturaleza (Schaffer, 1972). El paisaje sonoro urbano contemporáneo está saturado de ruido y se

ha descubierto que estos, en niveles contaminantes, tienen implicaciones en la salud cardiovascular, respiratoria y hormonal; además del desarrollo psicológico y cognitivo en humanos y el bienestar de los ecosistemas (Esteban-Alonso, 2003; García-Sanz y Garrido, 2003; Sánchez-Gómez, 2007; Schafer, 1972).

3.11 Ecología Acústica y Aves

En líneas anteriores se han definido algunas propiedades del sonido y estas con relación a la fisiología de la audición humana. Sin embargo, es importante destacar que el aire no es el único medio de propagación de las ondas sonoras y estas pueden transmitirse a través de cualquier otro medio elástico y denso (Carrión-Isbert, 1998). Por lo tanto, las especies animales adaptadas a otros medios y formas de vida perciben de maneras distintas el sonido, siendo más o menos sensibles a algunas frecuencias e intensidades sonoras. Al respecto, Rivera (2016) sugiere que los sonidos en el reino animal permiten la transmisión de información para búsqueda de parejas, comunicación del estado de salud y edad, defensa de los territorios, la coordinación de actividades y dar señales de alarma cuando acechan depredadores.

Las características físicas de los sonidos de grupos animales como las aves, por ejemplo, se relacionan con su capacidad de percepción de los cambios de presión en el medio que habitan, con las características propias del mensaje emitido y con las propiedades acústicas del ambiente (Cuadros, 2016). Según Cuadros (2016), este último factor determina en buena medida ciertas características generales del canto de las aves: las especies que habitan en ambientes cerrados (con vegetación densa) generalmente incluyen en su canto frecuencias más bajas que aquellas que habitan en ambientes abiertos y congestionados sonoramente.

Así mismo, los umbrales de audición y frecuencia sonora en aves varían de una especie a otra; mientras la mayoría de las aves son más sensibles a sonidos con frecuencias entre 2 y 6 kHz, y aunque se sabe que pueden percibir frecuencias más bajas (por debajo de 1 kHz), pocas especies producen sonidos por debajo de este valor. De la misma manera, son escasos los sonidos cuya frecuencia supera los 8 kHz. Por comparación, puede referenciarse que la voz humana puede oscilar entre unos 80 Hz (el umbral inferior del registro del bajo) y 1,8 kHz (el umbral superior del registro de la soprano) (Cuadros, 2016).

La disciplina que estudia estas relaciones de los seres vivos y su ambiente a través del sonido es la *ecología acústica* o *ecoacústica* (Wrightson, 2000). Según Wrightson (2000), la filosofía que sustenta la ecología acústica surgió durante la década de 1960 con las reflexiones de Murray Schafer acerca de las transformaciones en los paisajes sonoros, la pérdida de señales sonoras naturales y la contaminación acústica en las ciudades postindustriales.

Distintos estudios ecoacústicos han estimado el impacto de ruidos antropogénicos sobre las vocalizaciones de las aves. Pacheco y Losada (2015), por ejemplo, estudiaron el estado de afectación de *Hylophilus flavipes* y *Cyclarhis gujanensis*, dos tipos de aves de hábitats del neotrópico, en las cercanías de carreteras vehicularmente transitadas en dos localidades del bosque seco tropical del Departamento del Tolima, Colombia. Se encontró que las especies emiten cantos con una frecuencia mínima mayor cuando se encuentran en lugares donde la intensidad del ruido está por encima de los 40 dB (Pacheco y Losada, 2015). En otras palabras, ante la presencia de ruidos vehiculares, las aves deben emitir cantos más agudos respecto a los ya registrados en la misma especie con mínima presencia de ruidos automotores. Así mismo, se encontró que *H. flavipes* genera cantos de menor duración y con mayor tiempo de descanso entre notas, con un menor repertorio de tonos (frecuencias) cuando se ubican cerca de la carretera y otras fuentes sonoras contaminantes; todos estos comportamientos asociados a la necesidad de optimizar el gasto energético en el animal ante condiciones sonoramente desfavorables (Pacheco y Losada, 2015).

A los hallazgos de la anterior investigación se suman conclusiones semejantes del comportamiento en aves fuera de los ecosistemas del neotrópico. Por ejemplo, con *Colluricincla harmónica* (Australia) y *Parus major* y *Turdus merula* (Europa) (Pacheco y Losada, 2015). Los análisis ecoacústicos señalan que las aves son habitantes comunes de las zonas urbanas y sus alrededores, además las principales ciudades colombianas (y del mundo) han experimentado acelerados procesos de desarrollo, industrialización y urbanización que afectan la diversidad biológica. El rápido crecimiento y expansionismo de las poblaciones humanas han generado que las ciudades extiendan las fronteras reestructurando el paisaje visual y sonoro y ocupando espacios que antes eran ambientes no intervenidos (Rivera, 2016; Schafer, 1972).

Algunos comportamientos antrópicos tienen impactos en la salud y bienestar ecosistémico como consecuencia de alteración sonora de los medios que se habitan, siendo esta una problemática principalmente de ciudad (Rodríguez, 2016; Schafer, 1972). Al respecto, Brumm y

Slabbekoorn (2005), señalan que el ruido causado por actividades humanas es normalmente grave (de baja frecuencia) y de alta intensidad, además de generar una interferencia o *enmascaramiento* de la comunicación sonora en las aves y otros grupos de organismos, limitando el intercambio de información.

Según Rivera (2016), tales interferencias desencadenan efectos negativos en las funciones ecológicas de las especies, por ejemplo, si las hembras no pueden escuchar a los machos presentan dificultades en la formación de pareja, disminuyendo el número de crías y, por tanto, la cantidad poblacional de la especie. De igual forma, si los machos no son escuchados al emitir los cantos de defensa de sus territorios, no logran dominarlos ni escapar ante llamados de alerta.

A pesar de que la contaminación acústica puede tener efectos tan adversos, las ciudades albergan un número considerable de aves. Rivera (2016) indica que esto se debe a que las ciudades ofrecen una serie de recursos importantes para las aves, como sitios de anidación, lugares con vegetación para encontrar refugio y alimento, estadía durante migraciones, entre otros; lo cual exige propuestas de solución integral para la conservación de la fauna desde distintos aspectos, no solo el acústico.

4 Marco Metodológico

El presente estudio se enmarca bajo las características de una investigación *cualitativa* con *enfoque interpretativo*, la cual, según Flick (2014), parte de la noción de la construcción social de las realidades y destaca las perspectivas de los participantes e investigadores. Por lo tanto, este paradigma permite la ampliación e interpretación del conocimiento en la investigación social, a través de la mediación de la teoría y las nuevas observaciones (Flick, 2014). Diversas disciplinas académicas han adaptado este tipo de estudio con el fin de promover soluciones a problemas que emergen en sus campos; algunos ejemplos son las ciencias de la salud, la psicología o la educación (Flick, 2014).

En consecuencia, el presente estudio selecciona este enfoque investigativo como pertinente para identificar las oportunidades favorecidas por una propuesta de aprendizaje interdisciplinar de la contaminación acústica en un espacio de ENF en ciencias. En los siguientes apartados se ofrecen los detalles metodológicos de la investigación, así como las particularidades que fueron necesarias considerar durante esta, debido a las singularidades educativas y logísticas que caracterizan a los MICT con grupos escolares.

4.1 Caracterización de los Participantes

Hicieron parte de la investigación cuatro grupos de estudiantes de básica secundaria y media, según el modelo de EF colombiana de octavo grado a undécimo grado, que visitaron una colección interactiva sobre música y sonido al interior de un MICT. Los estudiantes se encontraban inscritos en colegios públicos o privados de carácter mixto, es decir, población masculina y femenina simultáneamente.

Previo al ingreso de los estudiantes a la colección del MICT, se les invitó a configurar grupos de cinco individuos. A cada grupo configurado se le hizo entrega de una cartilla didáctica que orientaba el recorrido por la sala interactiva; además de un lápiz y borrador. Las cantidades de estudiantes en cada visita se describen a continuación:

- Grupo I (en adelante G1): grado octavo, con un total de 24 estudiantes.
- Grupo II (en adelante G2): grado octavo, con un total de 42 estudiantes.

- Grupo III (en adelante G3): grado décimo, con un total de 62 estudiantes.
- Grupo IV (en adelante G4): grado undécimo, con un total de 80 estudiantes.

Se diseñaron tres cartillas, cada una contenía las pistas y elementos conceptuales para el abordaje de experiencias interactivas al interior de la sala y que integran contenidos conceptuales a través del hilo conductor con temáticas de aves y contaminación acústica. La entrega de las cartillas se hizo de manera alternada, es decir, al primer grupo conformado se asignó la Cartilla 1 (en adelante C1), al segundo grupo conformado se asignó la Cartilla 2 (en adelante C2), al tercer grupo la Cartilla 3 (en adelante C3), mientras al cuarto grupo se asignó C1 (*reiniciándose* el orden de entrega de cartillas), al quinto grupo se asignó C2, y así sucesivamente hasta el ingreso de la totalidad de los grupos.

Si bien, las cartillas fueron suministradas a todos los grupos de estudiantes configurados, el equipo investigador, formado por dos personas, definió *a priori* la observación y seguimiento únicamente para los tres primeros grupos en ingresar al espacio interactivo. Si bien el acompañamiento conceptual y operativamente se mantuvo con cada grupo durante su permanencia en dicho escenario del museo, solo se tomaron registros para los tres primeros grupos y según se explicita a continuación.

El criterio de selección para la observación de grupos responde a la primera singularidad de los MICT que se hace importante declarar, la cual refiere a que la cantidad de estudiantes que visitan dichos espacios no está estandarizada. Lo anterior, y en contraste con las limitaciones del recurso humano (cantidad de investigadores), hizo necesario definir actividades grupales en lugar de recorridos individuales⁷ y la selección de una pequeña cantidad de subgrupos para hacer seguimiento y recopilar registros que sirvieron para posteriores análisis.

Por lo tanto, el criterio de selección usado permitió reducir la cantidad de información que suele ser extremadamente grande en el marco de la investigación cualitativa (Álvarez-Gayou, 2003) y más aún en los MICT por la rotación constante de diferentes públicos. Adicionalmente, este criterio limita el sesgo de dirigirse solo a algunos estudiantes por juicios de valor sobre su

⁷ En este punto se hacen converger las sugerencias de Griffin (2004), mencionadas en el capítulo anterior, en torno al trabajo colaborativo y la posibilidad del trabajo en equipo que ofrecen estos escenarios de educación.

comportamiento previo a la visita, habilidades o competencias, conocimientos en el tema del espacio interactivo (música) o recomendación de los docentes acompañantes.

4.2 Registros y Datos

La segunda singularidad de esta investigación tiene que ver con los registros que pudieron colectarse de los menores de edad que participaron, pues estos no visitan los MICT en compañía de sus padres o un adulto responsable que pueda tomar decisiones frente a la divulgación de su identidad. De esta manera, para la presente investigación se abstuvo de recolectar registros fotográficos, de vídeo, de brindar información personal o de las instituciones educativas de las que proceden los estudiantes (se dará más detalle acerca de este tema en el apartado de protocolo ético). En su lugar, los registros colectados fueron *material escritural y gráfico, grabaciones de audio y diarios de campo*.

En primer lugar, los investigadores recolectaron el material *escritural y gráfico* contenido en las respuestas y representaciones consignadas por cada grupo de estudiantes en la respectiva cartilla. Siguiendo a Banks (2005), a través de este tipo de registro gráfico, el foco de la investigación reconoce que los sujetos que en ella participan tienen una clara relación social y personal con las imágenes y declaraciones creadas frente a la problemática de estudio. Para los fines de esta investigación, las representaciones gráficas y argumentaciones escritas que suscitó el material didáctico a cada grupo de estudiantes devela las dinimizaciones y actitudes generadas en ellos, a partir de una propuesta educativa interdisciplinaria en torno a los temas pertinentes de abordar en un MICT, con el fin de complementar los procesos educativos de la EF.

En segundo lugar, y reconociendo que la prominencia sensorial que las imágenes juegan en la investigación cualitativa⁸ solo es comparada con la suministrada por el sonido en la manifestación del lenguaje, así como por la espontaneidad comunicativa que se reveló en la experiencia (Banks, 2005). Por lo tanto, los investigadores colectaron *grabaciones de audio* durante la estancia de los estudiantes en el museo, principalmente en momentos de convergencia y socialización entre los grupos observados, al final de cada recorrido.

⁸ La otra perspectiva a destacar es la del registro gráfico que genera el investigador: fotografía, video, documental, película, etc (Banks, 2005), que no se considerarán para el contexto de este estudio, debido a las particularidades de anonimato que se garantiza para los participantes.

En garantía del anonimato, las grabaciones fueron *transcritas* y se conserva su versión digital de audio y letra. Los audios registrados contienen preguntas espontáneas que emergieron durante el abordaje y vivencia en las experiencias interactivas, así como preguntas a partir de *entrevistas semiestructuradas* que tuvieron como fin indagar en los aprendizajes favorecidos por el material didáctico y el hilo conductor durante la visita, así como en los efectos emocionales y de disposición en los estudiantes por recorrer el MICT bajo esta modalidad.

Finalmente, en concordancia con Krueger (1998) y Álvarez-Gayou (2003) y considerando la importancia del papel interpretativo de los sujetos investigadores, las emociones que estos pueden captar en el estudio, las expresiones no verbales y eventos que no se registran en audio y video, se evaluó como pertinente algo más que los *registros insitu* durante este trabajo. Asumiendo la recomendación de los autores citados, cada investigador diligenció un *diario de campo personal* en el cual se plasmó anotaciones generales (cantidad de estudiantes que visitaron el MICT, tiempo de duración de las actividades, tiempo de recorridos libres, etc), así como el resalto de eventualidades consideradas importantes o inesperadas, denominadas incidentes críticos que merecieron la atención de algún sujeto de investigación (sea por lo positiva o negativa de la experiencia).

En síntesis, se cuenta con tres tipos de registros que pueden agruparse en dos naturalezas: por un lado, los registros comunes a cada equipo (cartillas colectadas y transcripciones de audio), y por el otro, registros personales (diarios de campo). Además, se adoptó la definición de Banks (2005) respecto al enfoque interpretativista, los datos se dan a partir de procesos reconocimiento, creación o materialización de categorías que pueden ser manipuladas, tabuladas o comparadas por medio de rutas analíticas; estos datos se derivan de los tres tipos de registros evocados previamente.

En cuanto a la ruta analítica se consideró la *sistematización de experiencias*, la cual se define como la reconstrucción narrativa y reflexiva de las experiencias con el fin de transformar la práctica social, cultural y educativa (Torres-Carrillo, 2019). Al respecto, Jara-Holliday (2015) añade que este proceso da lugar a nuevos conocimientos y un pensamiento crítico en la medida en que se realiza un ejercicio de teorización desde la práctica, sobre la práctica y en función de la práctica. Para los fines de este estudio, la sistematización de experiencias se materializó a través de los registros ya mencionados (diarios de campo de los investigadores, transcripción de audio y material escritural suministrado por los grupos).

Con estos registros se consideró la *triangulación* como elemento de organización y convergencia de la información documentada. Según Flick (2014), la triangulación de datos consiste en el uso y análisis de diferentes fuentes de datos que permiten al equipo investigador tener un mayor alcance teórico a partir del mismo método.

4.3 Ruta Analítica y Categorías de Análisis

A partir de las observaciones empíricas declaradas en el Planteamiento del Problema de este trabajo (Capítulo 1), y de las aproximaciones y contrastes que ofrece la literatura acerca de la educación en otros MICT con públicos escolares, declarados en el Marco Conceptual (apartado 3.2), se definieron dos categorías de análisis que sintetizan las principales necesidades en los MICT con públicos escolares. En primer lugar, la categoría de las denominadas necesidades *operativas* se refiere a las dificultades de lograr una visita óptima en tiempo efectivo de permanencia y actividades de los estudiantes al interior del MICT. Así mismo, aborda la complejidad de estimular el interés de los alumnos por participar de actividades que debido a trastornos logísticos no permiten una visita de forma ordenada y sistemática, favoreciendo la falta de convivencia con públicos no escolares, manifestado en el ruido excesivo, la alteración de itinerarios y mal uso de los equipos tecnológicos e interactivos declaradas por Sánchez (2013).

Para valorar los aportes de la propuesta de recorrido y materiales didácticos diseñados se construyeron las subcategorías que se describen en la Tabla 3. El análisis se soporta a partir de la triangulación entre *diarios de campo* y *transcripción de audio* de las entrevistas.

Tabla 3

Subcategorías Asociadas a las Necesidades Operativas

Subcategoría	Descripción
Tiempo	El tiempo de uso de las cartillas permite hacer una visita orientada al mostrarse como versátil para implementarse en tiempos largos o cortos, según las necesidades del itinerario y permitir espacios de recorridos libres y socializaciones.
Dinamización	La orientación de las cartillas favorece un recorrido dinámico, estimula aptitudes físicas, sociales y emocionales. Los estudiantes se ven atraídos, y manifiestan interés por la superación de retos y obstáculos para llegar a los espacios de

	conceptualización (experiencias interactivas) y se evidencian mediaciones con el personal del MICT.
Convivencia	El uso de los equipos interactivos y tecnológicos es adecuado, se evidencian comportamientos en pro de la actividad y se comparte el espacio con públicos no escolares.

En segundo lugar, la categoría de las denominadas necesidades *metodológicas de enseñanza* refiere a las dificultades para estimular procesos de aprendizaje y evaluación diferenciada en un espacio de ENF y complementaria a la EF. Por ejemplo, respecto al contenido conceptual de la experiencia en el MICT y el uso de herramientas didácticas, actividades basadas en el cumplimiento de objetivos de aprendizaje, la interdisciplinariedad, el trabajo colaborativo y la pertinencia educativa; estos aspectos son referidos por Cazaux (2019), Griffin (2004), Morentin (2010) y Soto et al (2013). Para valorar los aportes de la propuesta de recorrido y materiales didácticos diseñados, se construyó, a su vez, la subcategoría que se describe en la Tabla 4.

Tabla 4

Subcategoría Asociada a las Necesidades de Enseñanza

Subcategoría	Descripción
Conocimientos	Se favorece el fortalecimiento o adquisición de nuevos conocimientos interdisciplinarios contextualizados a una problemática alrededor de la cual se precisan reflexiones. Los estudiantes observan, explican y predicen a partir de los retos, experimentos y conversaciones que suscita el recorrido; así como a partir de la orientación teleológica de los módulos interactivos del MICT con fines de lograr procesos de AV.

Como estrategia para interpretar los aportes de la propuesta de recorrido y materiales didácticos diseñados, se construyeron ejes orientadores que fueron evaluados a partir de la triangulación de *dos tipos de datos*: los obtenidos por medio de la *grabación de audios* y los suministrados en el *material escritural*. Para ello, se consideraron los aprendizajes en cada dimensión disciplinar (conocimientos alcanzados a partir de las ciencias sociales, física y ecología) favorecidos a partir de la propuesta de recorrido al interior del MICT y en contraste con

los elementos conceptuales que se rastreó en la literatura de estas disciplinas. Las *tres cartillas*, con sus ejes orientadores, fueron valoradas a partir de los elementos que muestra la Tabla 5. La primera columna (de izquierda a derecha), expone las dimensiones disciplinares (sociedad, física y ecología); la segunda columna expone la cartilla a partir de la cual es valorado el aprendizaje en dicha dimensión disciplinar (C1, C2 y C3); la tercera columna declara cómo se valoró el aprendizaje favorecido.

Tabla 5

Valoración de los Aportes de la Propuesta de Recorrido y Materiales Didácticos

Dimensión disciplinar	Aprendizajes favorecidos o fortalecidos
Conocimientos en sociedad, en física y en ecología en las cartillas C1, C2 y C3	<ul style="list-style-type: none"> • Se relata parte de la experiencia de los estudiantes, centrando particular atención en las conceptualizaciones a través de los diálogos independientes por grupos, o de las socializaciones intergrupales, en contraste con las respuestas declaradas por los grupos en cada cartilla implementada. Así mismo, se explicitan las preguntas realizadas en cada cartilla, así como las emergentes durante las conversaciones; se señalan palabras o expresiones claves y se contrasta con las inferencias extraídas de la literatura abordada en el Marco Conceptual, esta es, la literatura de los saberes disciplinares, así como de la literatura acerca de enseñanza y aprendizaje en espacios de ENF y MICT. • Se mostrarán algunas representaciones gráficas suministradas por los estudiantes, cuadros de respuestas independientes (por cada grupo), con el análisis a partir de la interpretación del equipo investigador, así como cuadros paralelos entre grupos, con las respuestas a las mismas preguntas.

4.4 Consideraciones Éticas

En correspondencia al Código de Ética en Investigación de la Universidad de Antioquia, y siguiendo a Flick (2014), en función de salvaguardar la identidad y la integridad física y moral de los participantes durante la investigación, se anunció a la totalidad de estudiantes de forma verbal y explícita su participación en el proyecto. Además, a aquellos que hicieron parte de los grupos observados y de quienes se recopiló material escrito y de audio, se les suministró de forma impresa un asentimiento informado (ver Anexo 1) que recopiló su nombre e identificación con el fin de asegurar que fueron conscientes del propósito de la investigación y los registros de interés. La identidad de los participantes no será revelada en ningún apartado de la investigación, de la misma manera que se declara el anonimato de las instituciones educativas de las que hacen parte.

En aceptación de las sugerencias de Álvarez-Gayou (2003), con el fin de que los análisis sean verificables, el equipo investigador se comprometió a conservar los audios originales, las transcripciones de los mismos, las cartillas diligenciadas y asentimientos informados en versión digitalizada por medio del servicio de alojamiento de archivos en la nube de Microsoft OneDrive asociado a la cuenta personal e institucional de cada investigador. La información se organizó en una carpeta por cada investigador, que contiene todos los registros de cada grupo observado durante las implementaciones.

4.5 Implementación

4.5.1 Selección de experiencias interactivas

El material diseñado para la implementación consta de tres cartillas didácticas que orientaron el recorrido de los estudiantes en la colección de música y sonido en el MICT (ver Anexos 2, 3 y 4). Las cartillas tienen por nombres:

- C1: Cantos Silenciados. Aves y la Lucha Contra la Contaminación Acústica.
- C2: La Lira Soberbia y el Susurro de la Contaminación Acústica.
- C3: Ecosistemas y Sonidos.

El diseño de cada cartilla, como se describe en la Tabla 6, contiene los ejes y preguntas orientadoras para que los estudiantes abordaran los tres módulos interactivos de su recorrido. Cada cartilla ofreció la oportunidad de acercarse a conceptualizaciones en torno al sonido entendido como vibración de un medio (Física y acústica), el sonido como forma de comunicación entre los organismos de la naturaleza (Ecología acústica) y, finalmente, la especie humana como transformadora del paisaje sonoro (Ciencias Sociales y Antropología); conceptualizaciones justificadas en el marco conceptual de este proyecto.

Tabla 6*Módulos Interactivos y Conceptos Desarrollados en Cada Cartilla Didáctica*

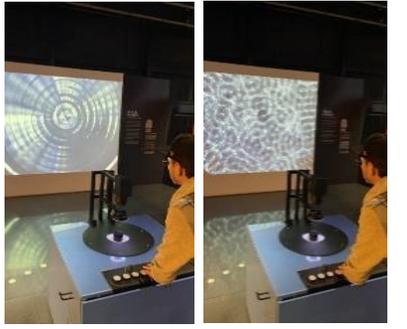
Cartilla	Módulos interactivos	Concepto
1	<ul style="list-style-type: none"> • 1.1 Máquinas parlantes y revoluciones de discos • 1.2 Ver el sonido • 1.3 Músicas indígenas 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología y sociedad. • Ondas mecánicas y fisiología del sonido. • Ecología y sociedad.
2	<ul style="list-style-type: none"> • 2.1 La banda • 2.2 Karaoke • 2.3 Contactos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología y sociedad • Ecología, comportamiento animal. • Ondas mecánicas.
3	<ul style="list-style-type: none"> • 3.1 Cuerdas • 3.2 Al son de la música • 3.3 Todo suena. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas mecánicas. • Ecología y comportamiento animal. • Tecnología y sociedad.

Para la experiencia en cada módulo, cada grupo de estudiantes encontró en la lectura de las cartillas un apartado titulado “En contexto” que ofrecía una pequeña introducción conceptual o problemática en torno al sonido y la contaminación acústica como hilo conductor. Seguidamente, los estudiantes encontraban un segundo apartado titulado según el número de pista que debían descifrar, por ejemplo, “Pista uno”. Una vez los estudiantes descubrían el módulo de interacción, jugaban, experimentaban y encontraban un último apartado con preguntas formuladas a través del método POE (para mayor claridad, se invita al lector a acercarse a las cartillas incluidas en los anexos). La Tabla 7 contiene fotografías, información acerca de las

conceptualizaciones abordadas e indicaciones de interacción de cada experiencia interactiva seleccionada para cada una de las cartillas:

Tabla 7

Descripción de Módulos Interactivos por Cada Cartilla Didáctica

Cartilla	Módulo	Descripción	Imagen
	<p>Módulo 1.1: Máquinas Parlantes y Revoluciones de Discos</p>	<p>Módulo interactivo de gran formato. Consta de vitrinas expositivas con instrumentos tecnológicos para la grabación y reproducción musical. La exposición está ordenada de izquierda a derecha con muestras según su aparición cronológica y tipo de tecnología empleada (eléctrica, magnética, digital y de almacenamiento en la red).</p>	
<p>Cartilla 1: Cantos Silenciados. Aves y la Lucha Contra la Contaminación Acústica</p>	<p>Módulo 1.2: Ver el Sonido</p>	<p>Módulo interactivo de mediano formato y con fines experimentales. El módulo está compuesto de un parlante y en cuya membrana se dispone un recipiente con agua. Para la interacción se tiene un tablero de botones que permite que la membrana generar sonidos agudos y graves. A todo el sistema está unida una cámara que proyecta en la pared, al frente del módulo, la reacción del agua ante las vibraciones producidas.</p>	
	<p>Módulo 1.3: Músicas Indígenas</p>	<p>Módulo que exhibe instrumentos musicales de distintas comunidades indígenas del territorio colombiano. En la muestra se destacan instrumentos que imitan sonidos de la naturaleza y la materia prima de estos instrumentos musicales (cueros animales, cañas y huesos). Adicionalmente, el módulo está acompañado de una pantalla en que se relata el origen de la música según la cosmología de la comunidad Emberá.</p>	

	<p>Módulo 2.1: La Banda</p>	<p>Espacio interactivo de tres módulos conectados para uso simultáneo. El primero consta de un muro con sensores de luz para ser activados con el tacto. Conceptualiza la <i>melodía</i> musical; el segundo consta de una batería y una pantalla. Se deben tocar las piezas de la batería que indica la pantalla en el tiempo adecuado y conceptualiza el <i>ritmo</i>; finalmente, en una pista de baile descenden luces de colores que deben pisarse de manera ordenada y conceptualiza la <i>armonía</i>.</p>	
<p>Cartilla 2: La Lira Soberbia y el Susurro de la Contaminación Acústica</p>	<p>Módulo 2.2: Karaoke</p>	<p>Habitación interactiva dotada de equipo de sonido, pantalla para la selección musical y escenario con micrófono con pantalla para la letra de la música seleccionada.</p>	
	<p>Módulo 2.3: Contactos</p>	<p>Habitación interactiva que consta de plataformas de madera para ubicar distintas partes del cuerpo (brazos, espalda, pies, manos...). Al frente se dispone de una pantalla y un control para seleccionar entre cuatro piezas musicales entre géneros contemporáneos y músicas tradicionales. Cada plataforma de apoyo en madera vibra en la frecuencia de los distintos instrumentos de las composiciones. Es oportuno para el diálogo en torno al sonido como vibración mecánica de medios elásticos, así como de la fisiología del sonido, la audición aérea y ósea.</p>	

Módulo 3.1:
Cuerdas

Módulo interactivo que consta de un bajo eléctrico con sonido amplificado permite reconocer las diferencias sonoras en función del grosor de cada cuerda o de las longitudes variables de las mismas.



Módulo 3.2:
Al Son de la Música

Cartilla 3: Ecosistemas y sonidos

Dispone de una cabina donde se muestran siete bailes representativos de distintas regiones de Colombia y el mundo. Destacan músicas populares, folclóricas y de salón, la persona dentro de la cabina debe interpretar los bailes. Fuera de la cabina una persona observa la sombra de la persona en el interior, y adivina en un tiempo establecido el ritmo interpretado.



Módulo 3.3:
Todo Suena

Habitación interactiva que consta de distintos instrumentos musicales y elementos cotidianos en diversos materiales, formas y tamaños. Todos son elementos que pueden ser golpeados para explorar las sonoridades (timbres) de cada material y las variaciones entre agudas y graves del mismo tipo de timbre (tono) según el tamaño o forma del objeto. Se destacan cuencos tibetanos, platillos, tubos de aluminio, platos de cristal y cajas de madera.



4.5.2 Momentos de la implementación

Para dar lugar a lo declarado en cada cartilla, la Tabla 8 muestra las fases (o momentos) y actividades que orientaron la implementación con los grupos, así como los objetivos de cada parte de la misma:

Tabla 8

Fases y características de la implementación

Fase	Tiempo estimado	Descripción	Objetivo(s)
(1) Bienvenida y contextualización	5 min	El grupo de estudiantes se dispone a ingresar a Sala Música. El mediador(a) anuncia la conformación de equipos de cinco.	Contextualizar a los estudiantes en el espacio de la visita y el desarrollo de la actividad.
(2) Asignación de material de trabajo	10 min	<p>Se hace entrega de las cartillas. Existen tres cartillas y cada una tiene un punto de partida distinto al interior de la sala; la entrega se hace de forma alternada a cada equipo de estudiantes configurado.</p> <p>Los equipos ingresan por bloques con un espacio de tiempo de entre dos y tres minutos entre cada bloque.</p> <p>Bloque A $\left\{ \begin{array}{l} \text{Equipo 1} \rightarrow \text{Cartilla 1} \\ \text{Equipo 2} \rightarrow \text{Cartilla 2} \\ \text{Equipo 3} \rightarrow \text{Cartilla 3} \end{array} \right.$</p> <p>Bloque B $\left\{ \begin{array}{l} \text{Equipo 4} \rightarrow \text{Cartilla 1} \\ \text{Equipo 5} \rightarrow \text{Cartilla 2} \\ \text{Equipo 6} \rightarrow \text{Cartilla 3} \end{array} \right.$</p> <p>Bloque C $\left\{ \begin{array}{l} \text{Equipo (n)} \rightarrow \text{Cartilla 1} \\ \text{Equipo (n + 1)} \rightarrow \text{Cartilla 2} \\ \text{Equipo (n + 2)} \rightarrow \text{Cartilla 3} \end{array} \right.$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Familiarizar a los estudiantes con su material de recorrido en Sala Música. • Estructurar el orden logístico del recorrido independiente de cada equipo de trabajo.

(3) Recorrido intencionado	30	Los estudiantes recorren los módulos interactivos de Sala Música que se describen o se propone en la ruta de trabajo de cada cartilla. En este espacio de tiempo se tejen discusiones y consensos en el equipo para interpretar la información, responder las preguntas de la cartilla e interactuar con los módulos de la sala. Es el momento para experimentar, leer y buscar información complementaria entre los recursos que ofrece el espacio y la mediación con el equipo humano a cargo de la Sala.	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer conversaciones intragrupal y con los mediadores (as) para la interpretación de los fenómenos experimentales y el contexto de problemático de cada cartilla referido a la contaminación acústica. • Recorrer de forma intencionada y positiva la Sala Música.
(4) Socialización intergrupal	10	Cada equipo deberá reunirse con los integrantes de otros dos equipos que hayan desarrollado rutas distintas. Discutirán sus experiencias y aprendizajes construidos en cada recorrido.	<ul style="list-style-type: none"> • Socializar el reto de cada equipo con sus equipos complementarios. • Completar la visita libre al interior de Sala Música.
(5) Colección de registros de aprendizaje	40 min (En fases 3 y 4)	Los estudiantes consignarán las respuestas a las preguntas de la cartilla previamente discutidas y consensuadas en su equipo de trabajo durante el recorrido. Para materializar esta fase, cada equipo contará con los espacios de escritura o representación gráfica que ofrece cada cartilla; como lápiz y borrador.	Colectar los registros de aprendizaje suministrados por los estudiantes al interior de la Sala Música como espacio de educación no formal y en pro de la sensibilidad frente al fenómeno de la contaminación acústica.

5 Resultados y Análisis

5.1 Categoría: Necesidades Operativas

5.1.1 Tiempo y dinamización

A partir de la triangulación y análisis de los diarios de campo de los investigadores se registraron datos que sugieren efectos positivos de la implementación, en cuanto a los tiempos y dinamización de los estudiantes durante sus recorridos en el espacio interactivo de música y sonido. Tales aspectos fueron declarados previamente como desafiantes en el estudio situado y en compatibilidad con la literatura (ver Capítulo 1: Planteamiento del Problema), y refirieron a las dificultades para sostener la permanencia activa de los estudiantes en las colecciones del museo, respetando el cumplimiento de itinerarios y el correcto uso de los espacios museográficos para favorecer la cohabitabilidad con públicos no escolares (Sánchez, 2013).

En contraste con lo anterior, se observó que, a partir de la propuesta de recorrido, los tiempos empleados por los estudiantes para el desarrollo de las actividades de la C1, C2 y C3 fueron de entre 25 y 35 minutos, luego de los cuales permanecieron entre 20 y 30 minutos más de forma libre en contacto con módulos interactivos asignados a otros estudiantes, favoreciendo espacios de mediación entre pares (Pizza, DC del 3,10,17 y 31 de mayo de 2023; García, DC del 3 y 31 de mayo de 2023). Dicho de otra manera, los recorridos orientados por las cartillas favorecieron el desarrollo de actividades con objetivos definidos de aprendizaje, durante la mitad del tiempo total de permanencia en la sala interactiva; mientras el tiempo restante permitió la ocupación libre del espacio en socialización con estudiantes que vivenciaron el contenido de otras cartillas.

La mayoría de los estudiantes se mostraron motivados a recorrer bajo la propuesta de cartillas la sala interactiva; inclusive algunos estudiantes que manifestaron conocer el espacio debido a visitas escolares previas expresaron buena disposición y asombro en el desarrollo de las *nuevas actividades* transversalizadas por la problemática diseñada en las cartillas (Pizza, DC del 31 de mayo de 2023). Las principales motivaciones identificadas en los estudiantes fue i) la de asumir y superar los retos de las cartillas, ii) la búsqueda de módulos interactivos, descubrimiento de códigos y elaboración de crucigramas con contenidos disciplinares (Pizza, DC del 3 de mayo

de 2023; García, DC del 3 y 10 de mayo de 2023). Los registros de audio sugieren la aceptación de este tipo de propuesta por parte de los estudiantes; en socialización con los grupos abordados ante la pregunta ¿qué aprendizajes les deja la experiencia? Algunos resaltaron aspectos más allá de los conceptuales (que se abordarán más adelante), y se refirieron a los logísticos, al trabajo en equipo y la superación de retos.

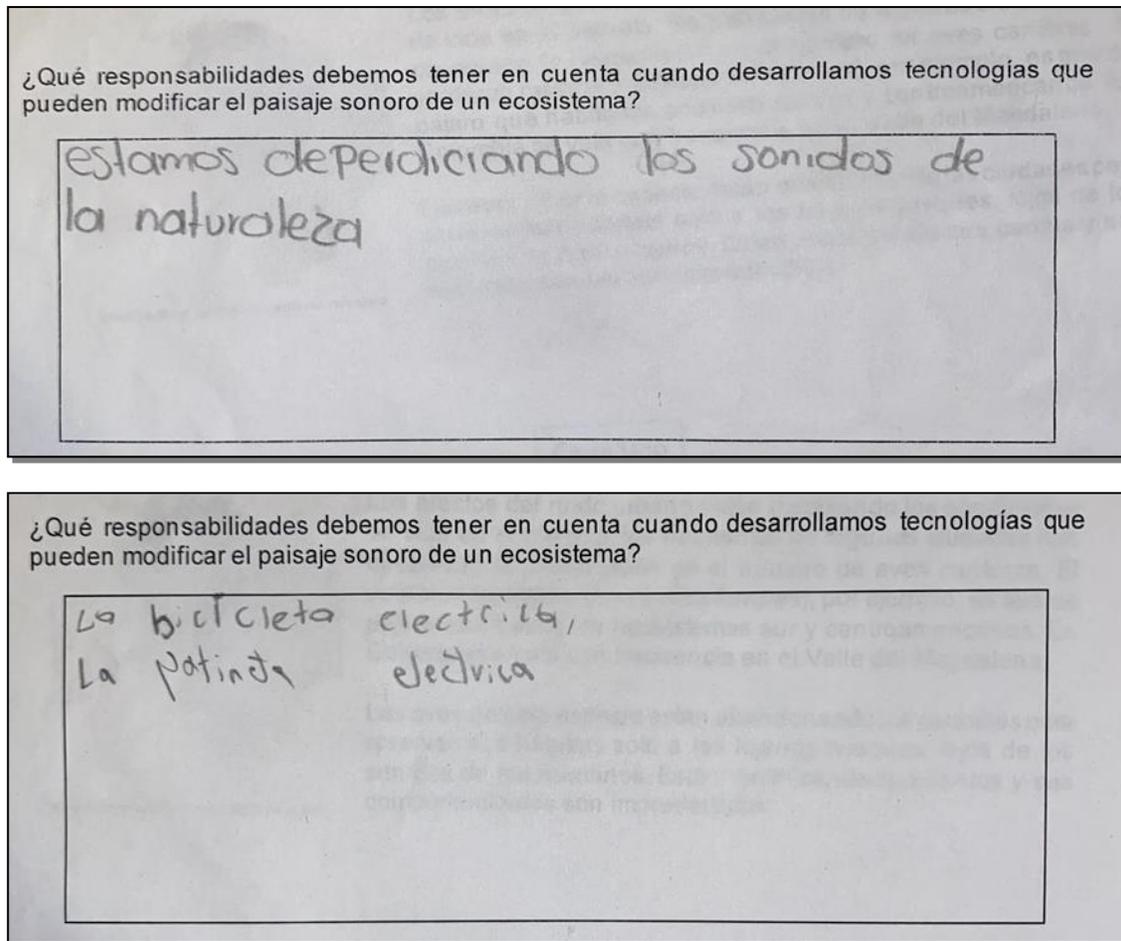
De esta manera, algunos integrantes de G2, G3 y G4 convergieron, por ejemplo, en cualificar la experiencia como algo de su agrado. Los integrantes de estos grupos destacaron la planeación de la actividad en el tiempo (marcada por retos y fases) e indicaron que “es una experiencia muy *bacana* porque vamos pasando por cada etapa y conociendo más sobre la música” (Estudiante del G2). De la misma manera, otro estudiante declaró que “con la actividad aprendí que nosotros deberíamos de tener una buena estrategia, y una posibilidad de pensar más rápido para poder resolver todas las pistas que nos dan” (Estudiante del G3). Así mismo, otro estudiante declaró que “es muy bueno trabajar en equipo porque podemos encontrar todo más fácil. Además, hubo muchas risas” (estudiante del G4).

De lo declarado por los estudiantes puede inferirse que parte importante del tiempo que permanecieron en la sala, hicieron de su visita algo más que la ocupación del espacio o la recepción de información. En este tipo de actividades y retos se integraron la actividad física (movilización y búsqueda por el espacio), el trabajo colaborativo y las habilidades lógicas y cognitivas (Cazaux, Griffin, 2004; 2019; Sánchez, 2013).

Como se ha expuesto en líneas previas, los tiempos de orientación de las cartillas fueron de entre 25 y 35 minutos. La diferencia en los tiempos puede ser consecuencia de factores como las distintas prioridades que cada grupo dio a la lectura y producción de escritura (García, DC del 10 de mayo de 2023), así como los distintos ritmos y formas de aprendizaje de los estudiantes. Lo anterior se sustenta al observar algunas cartillas con respuestas tácitas o descontextualizadas a la solicitud de la pregunta, como puede observarse en la Figura 1.

Figura 1

Respuestas que suscitaron poco interés escritural.



No obstante, en estos mismos grupos las argumentaciones verbalizadas tuvieron un mayor protagonismo durante el tiempo de la visita y desarrollo de la actividad (como se mostrará en posteriores categorías analizadas), favoreciendo discusiones y conversaciones intergrupales. (García, DC del 3 de mayo de 2023). Es decir, si bien en algunos grupos se observó prisa por terminar con los contenidos propuestos en las cartillas, con todos los grupos fue posible una dinamización mayor respecto a fechas previas al diseño de la implementación. Se entiende por dinamización mayor a la evidencia de movimiento fluido de los grupos de trabajo al interior de la sala interactiva y la indagación constante al equipo de mediadores de cara al contenido conceptual y logístico de las cartillas (Pizza, DC del 04 de octubre de 2022; García, DC del 13 de

septiembre de 2022; García, DC del 23 de septiembre de 2022; García DC del 10 de mayo de 2023).

De este modo, se ratifica que, en el compromiso del museo por repensar pedagógicamente los procesos y métodos para complementar los saberes escolares, debe comprenderse el aprendizaje en espacios de ENF, tales como museos y MICT, como un proceso individualizado, y que no puede ser impuesto al visitante ya que este participa de la visita con un bagaje de conocimientos, experiencias e intereses particulares (Cazaux, 2019; Morentin, 2010; Trilla, 1993). En este sentido, se verificó que los estudiantes participaron activamente en dinámicas distintas al recorrido guiado por mediadores, pero prefirieron expresar los conocimientos previos y adquiridos a través de instrumentos de enseñanza y evaluación distintos a los de la EF (Acevedo y Carmona, 2021; Allen y Peterman, 2019; Cardona et al, 2020). Lo anterior permite afirmar el potencial de haber propiciado situaciones demandantes de tiempos para la resolución de problemas, los diseños de estrategias, el trabajo colaborativo y uso de la creatividad (Griffin, 2004; Sánchez, 2013).

Se hace importante destacar que las actividades dinamizadoras no fueron completamente independientes de los mediadores e investigadores. Por el contrario, el diálogo para llevar a cabo los retos fue necesario, lo que focalizó parte del tiempo en ejercicios de mediación. De esta manera se contribuyó a disminuir la brecha entre la exploración, que tiene que ver con el juego y la curiosidad, y el aprendizaje en el MICT que tradicionalmente se caracteriza por los recorridos y actividades guiadas, ante las cuales los estudiantes se sienten habitualmente poco estimulados (Morentin, 2010).

El crucigrama de la C3 se reconoció como la actividad que le demandó más tiempo a todos los grupos a los cuales fue asignada, requirieron de mayor tiempo y apoyo de parte del equipo de mediación e investigación. Los demás retos para alcanzar las pistas en la C1 y C2 requirieron, en general, una menor cantidad de tiempo; incluso, los estudiantes las desarrollaron sin la intervención del equipo de mediación al consistir en actividades y preguntas de bajo nivel (Hernández y López, 2011), o en la sustitución de símbolos a un alfabeto (véase, por ejemplo, la pista 2 de la C2 en Anexos). A partir de esta observación se puede inducir que otra posible causa en la diferencia de tiempos entre implementaciones se debió a la diferenciación en los grados de complejidad de algunas actividades.

Sin embargo, esto tampoco es negativo en sí mismo al considerar que se logró mantener los tiempos en el rango previsto para las visitas, esto es, la mitad del tiempo total en recorrido orientado por las cartillas, y la otra mitad en socialización con otros grupos y libre exploración de la sala. Por el contrario, podría proyectarse como un abanico amplio de opciones de recorridos por implementar, según los enfoques que se desee dar durante la permanencia de un grupo en esta colección interactiva, los saberes a potenciar en los estudiantes o el nivel de formación de estos. Por lo anterior, y como se mostrará en análisis posteriores, fue necesario mayor acompañamiento e inversión del tiempo en aquellos grupos que curricularmente no habían abordado temáticas en física. Por esto, es posible inferir que el diseño museográfico está implícitamente diseñado para públicos con algún nivel de formación, si es que la visita pretende fomentar y complementar saberes disciplinares, más allá del solo divertimento. En este sentido, es necesario el diseño de contenidos de cartillas de acuerdo a cada nivel escolar.

En síntesis, es posible afirmar que para los estudiantes fue llamativo el diseño y la planeación logística a través de la cual se dio lugar a su visita. Primero, se ratifica que la propuesta evitó los efectos de: i) recorridos guiados que parten de una noción tradicional de aprendizaje, ii) la recepción pasiva de los estudiantes y iii) pronta distracción en los estudiantes debido a carencias metodológicas de enseñanza y abrupta ocupación de otros espacios (Sánchez, 2013).

Con relación en este último aspecto, se disminuyeron las permanencias libres en el escenario interactivo, desprovistas de objetivos de aprendizaje complementario a la EF que podría recaer en un abandono pedagógico. Lo anterior, al reconocer la necesidad de contribuir desde los ENF a la formación integral y complementaria de los estudiantes a través de procesos y métodos orientados por una reflexión pedagógica constante (Cazaux, 2019; Coombs y Ahmed, 1975; Smitter, 2006; Trilla, 1993). Así mismo, se reafirmó el objetivo del aprendizaje vivencial desde el cual se evitó que los estudiantes solo “participen de algo”, mientras que se procuró que hicieran del tiempo de permanencia en el MICT una oportunidad para el análisis y observación de manera crítica, en procesos de aprendizaje autodirigido a partir de problemas diseñados (Moore, 2013; Observatorio IFE, 2015).

5.1.2 Convivencia

Como consecuencia de los factores operativos potenciados por la implementación y descritos en el apartado anterior, fue posible evidenciar también buena disposición de los estudiantes para interactuar con los módulos interactivos y públicos no escolares. Si bien durante la estancia de la mayoría de los grupos no hubo grandes cantidades de públicos no escolares (Pizza, DC del 3 y 17 de mayo del 2023), en aquellas visitas en las que confluyeron ambos tipos de visitantes, se observaron prácticas de sana convivencia; así como una notable aceptación de las familias por compartir el espacio con grupos escolares. En ese sentido, se hicieron evidentes algunas prácticas en que estos últimos mediaron a los grupos familiares a partir de los aprendizajes adquiridos o fortalecidos, tanto en el uso y operación de los equipos experimentales y tecnológicos, como en los conceptos científicos que estos favorecían.

Destaca un caso observado durante la implementación con el G2, en donde el grupo al que se hacía seguimiento ocupaba el módulo de *Ver el Sonido*. Se experimentó y se dialogó con los estudiantes sobre el concepto de onda sonora, al tiempo que estos diligenciaron la C1; luego de algunos minutos de espera de una familia que quería usar el módulo, una estudiante del grupo que había participado activamente en la conversación, se aisló de sus compañeros y se acercó al grupo familiar para explicar el funcionamiento del módulo, así como el concepto físico que éste favorecía (Pizza, DC del 10 de mayo del 2023).

Es importante aclarar que la estudiante no conversó con los integrantes de la familia a partir del enfoque problemático de la cartilla, sino a partir del concepto de la física aislado apprehendido a través de la experiencia y no contextualizado a la problemática sobre CA. En otras palabras, la estudiante tomó una *actitud de mediación* contribuyendo a la visita de la familia y a partir de los conocimientos adquiridos o fortalecidos desde de su propia vivencia en la actividad propuesta por el recorrido; por lo tanto, es posible afirmar que la estudiante separó el interés del contexto de la cartilla, que constituye un enfoque para los estudiantes, y el contenido museográfico en sí mismo que es para públicos no escolares (Pizza, DC del 10 de mayo del 2023).

De lo anterior se puede ratificar la pertinencia de diseños que favorezcan el aprendizaje y apropiación de conocimientos para ser divulgados, así como el trabajo colaborativo, que se hizo evidente tanto entre los integrantes de un mismo equipo de trabajo como a través de la

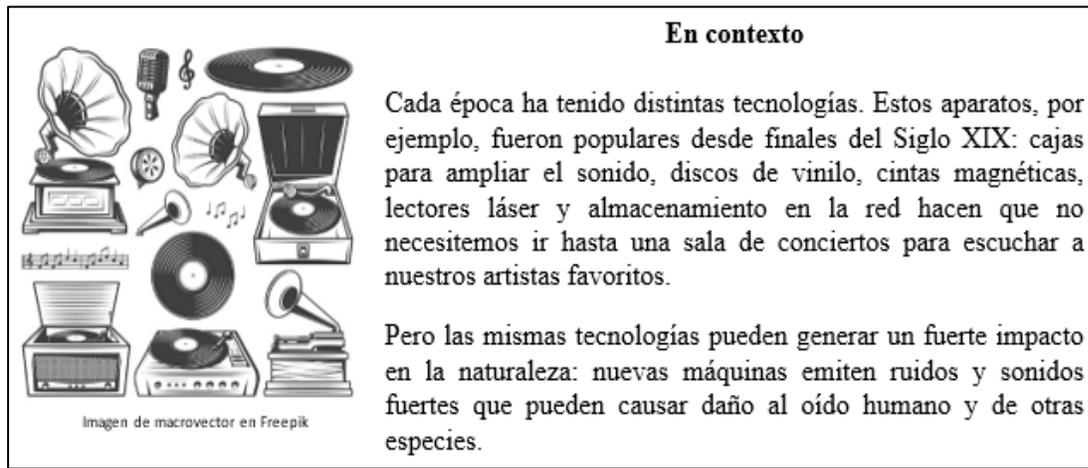
colaboración intergrupala de distintos tipos de público; es decir, entre grupos escolares que compartían retos semejantes- para lo cual se diseñaron espacios de socialización y recorrido libre- así como entre estudiantes con públicos no escolares. Para que estas cooperaciones se dieran fueron precisos los conocimientos adquiridos frente a lo operativo de los módulos y el concepto que estos integran; logro que fue posible debido al enfoque objetivo del uso de los módulos. De esta manera, una vez los estudiantes interactuaron y adquirieron o fortalecieron aprendizajes, se evidenciaron prácticas que disminuyeron comportamientos disruptivos de convivencia y prácticas de malestar, a partir de nuevas actitudes psicomotrices y afectivas (Cazaux, 2019; Sánchez, 2013).

Concretamente, fue evidente un mayor interés de los estudiantes por los contenidos acerca de ciencia y arte del museo, el correcto uso de los equipos tecnológicos, disminuciones en los niveles de ruido debido al uso simultáneo y caótico de los módulos interactivos. En consecuencia, se observó una mejor cohabitabilidad del espacio con públicos no escolares que visitaron la colección; factor que fue señalado como desafío operativo al interior de los MICT según Sánchez (2013) y el registro empírico en la etapa de observación de esta investigación y declarado en el Planteamiento del Problema (Pizza, DC del 27 de septiembre de 2022; Pizza y octubre de 2022; García, DC del 13 de septiembre de 2022).

5.2 Categoría: Necesidades Metodológicas de Enseñanza

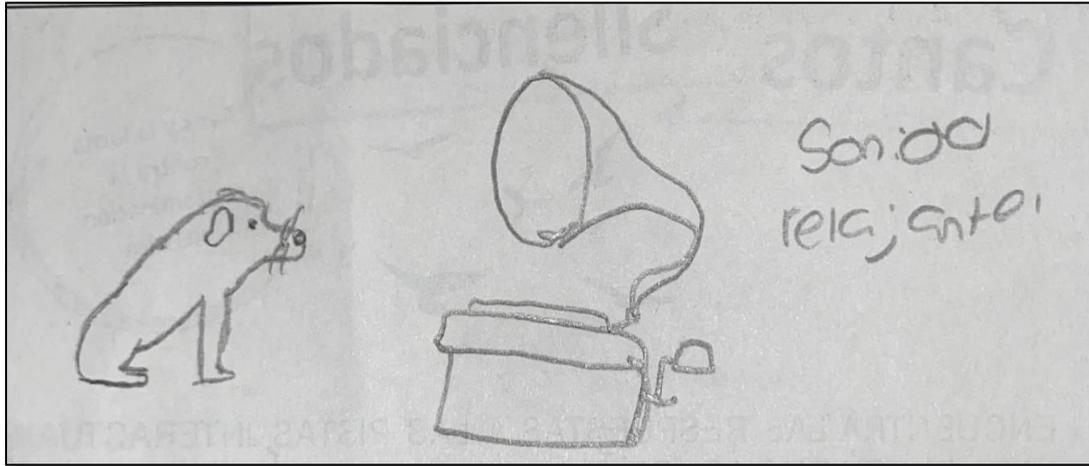
5.2.1 Aprendizajes favorecidos en conocimientos vinculados a la sociedad

A partir de la C1, durante la interacción de los estudiantes con en el módulo Máquinas Parlantes y Revoluciones Tecnológicas, estos encontraron preguntas dinamizadoras que tenían como objetivo la problematización de la CA desde aproximaciones a disciplinas con enfoque social. La Figura 2 muestra la contextualización del problema que contrasta, por medio de una breve lectura, las ventajas y desventajas en términos ambientales del desarrollo tecnológico como fenómeno social.

Figura 2*Lectura de contextualización 1 de la C1*

Como pregunta de apertura se planteó ¿cuáles de estos aparatos para la reproducción musical conocen? Los integrantes de G1 nombraron maracas, tambores, flautas y cascabeles; en contraste con los integrantes de G2, G3 y G4 quienes coincidieron en hacer dibujos de un gramófono. La Figura 3 enseña la representación de G3 que llamó particular atención por ilustrar, además del aparato exhibido en el museo, una figura zoomorfa-presuntamente un perro- y la expresión “sonido relajante”. De esta ilustración es posible inferir que la representación fue lograda a partir de dos posibles vías: la primera, desde mediación del personal del MICT, en la cual se destacó la historia del aparato⁹ o la segunda, a partir de la ampliación autónoma de la información por medio de la lectura de infografías o navegación en la web.

⁹ El logo de la marca norteamericana RCA Victor ilustra un perro de raza Fox- Terrier junto a un fonógrafo de cilindros de cera. Según se dice, el autor del logo fue el pintor inglés Francis Barraud quien se inspiró en la escena del perro de nombre Nipper, que se acercaba a la bocina del instrumento a escuchar la voz reproducida de su amo, el hermano fallecido de Francis.

Figura 3*Representación del G3*

El enriquecimiento logrado a partir de fuentes complementarias de información a las cuales tuvieron acceso los estudiantes, permite ratificar la contribución a procesos de aprendizaje autónomo en un espacio de ENF. Dichos procesos se fomentaron a partir de una problemática como base del AV, desde la cual los estudiantes estuvieron involucrados, participando en la adquisición o fortalecimiento de algunos contenidos que llamaron su atención, más allá de vivir la experiencia en el museo (Moore, 2013; Observatorio IFE, 2015).

Dos preguntas más estuvieron contenidas en la C1 acerca de conocimientos vinculados a estudios de la sociedad. Al considerar que en condiciones ambientales particulares los sonidos producidos por las comunidades y sociedades humanas son particulares o diferenciados (Pinzón et al., 2021), se expusieron las cuestiones ¿Qué sonidos escuchan a diario? y ¿qué sonidos relacionan con esta fotografía? Para esta última pregunta se ofreció una imagen de la zona céntrica de la ciudad de Medellín, como se observa en la Figura 4. Las respuestas ofrecidas por los cuatro grupos se transcribieron en la Tabla 9.

Figura 4*Fotografía centro de Medellín***Tabla 9***Respuestas a Preguntas de la C1*

Grupo	Sonidos que los estudiantes escuchan a diario	Sonidos que los estudiantes relacionan con la fotografía
1	<ul style="list-style-type: none"> • Viento • Aves • Agua • Voces • Hojas • Celular 	<ul style="list-style-type: none"> • Voces • Campanas • Metro
2	<ul style="list-style-type: none"> • Aire • Animales 	<ul style="list-style-type: none"> • Personas hablar • Metro • Autos • Aire
3	<ul style="list-style-type: none"> • Voces • Motores de coches • Timbre 	<ul style="list-style-type: none"> • Metro • Motores de coches • Habla • Vibración de la ciudad • Contaminación sonora
4	<ul style="list-style-type: none"> • Canto de pájaros • Viento • Lluvia • Buses • Carros 	<ul style="list-style-type: none"> • Carros • Metro • Personas

A partir de las respuestas consignadas en la Tabla 9, es posible reconocer que los sonidos comunes a estudiantes de G1 y G2 (en especial este último) son de tipo naturales y solo uno (el sonido del teléfono celular) es de origen antrópico (Schafer, 1972). Por su parte, el G4 nombró en cantidades semejantes tanto sonidos naturales como antropogénicos, mientras que los integrantes de G3 enumeraron solo sonidos de esta última categoría.

De igual manera, fue posible identificar que los estudiantes asociaron una mayor cantidad de sonidos antropogénicos al contexto de la ciudad a través de la fotografía. Con esto se favorecieron mediaciones acerca de contrastes entre distintos paisajes sonoros, integrando las vivencias personales de los estudiantes como parte de su AV en el MICT (Schafer, 1970/1972; Cazaux, 2019).

En general, las mediaciones permitieron identificar que para los estudiantes las dinámicas postindustriales contribuyen, como actividad humana, al deterioro de los ecosistemas y la modificación del paisaje sonoro (Schafer 1970/1972). Un ejemplo de las reflexiones logradas puede hallarse en la mediación con integrantes del G3:

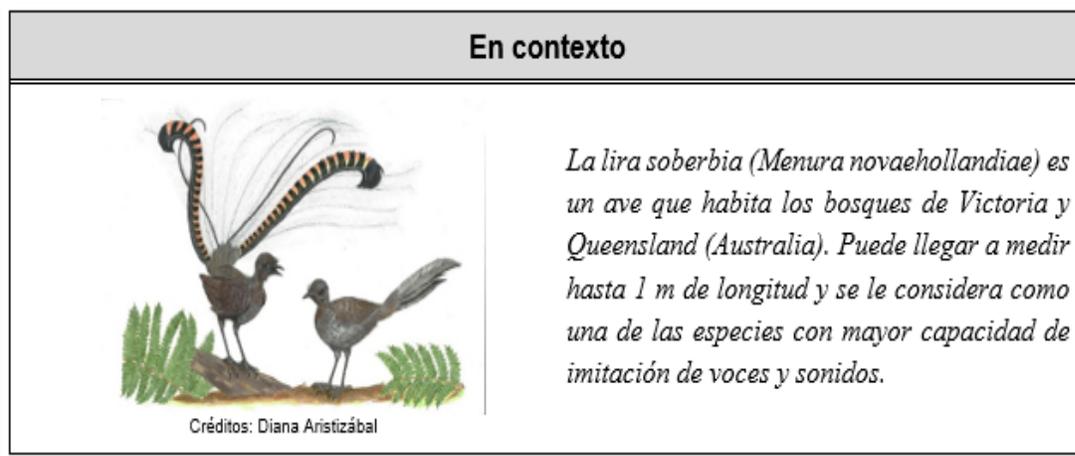
- Investigador 1: Podemos reflexionar que el mismo desarrollo tecnológico para escuchar música de manera simple, como acostarse en la cama a disfrutar de una pieza musical, también es la tecnología que permite que hagamos exceso de ruido en las ciudades. Por ejemplo, el sonido vehicular ¿qué otros tipos de sonidos escuchan ustedes?
- Estudiante 1: El de las fábricas y las máquinas (...) porque como usted dijo, ¿cómo era que se llamaba? Contaminación acústica.
- Estudiante 2: Porque es ruido... es molesto
- Estudiante 1: Es contaminación para los oídos
- Investigador 1: ¿Y será que sólo nos afecta a nosotros?
- Estudiante 3: A los animales también (...) Es que ellos sienten más ruidos que nosotros
- Estudiante 2: Porque ellos necesitan los cantos de las mamás y no los escuchan
- Estudiante 1: Por ejemplo, con la pólvora. Ellos al escuchar eso se ponen nerviosos y alterados.

El fragmento anterior permite evidenciar que, a través de la mediación y el problema diseñado para su abordaje en el MICT (el de la CA), se abordaron nuevas terminologías la intención de favorecer nuevos conceptos (cómo puede derivarse de la expresión del estudiante 1: “porque como usted dijo [refiriéndose a expresiones usadas por el investigador], ¿cómo era que se llamaba? contaminación acústica”). Así mismo, algunos estudiantes se aproximaron a construir nociones sobre el ruido al afirmar que “es molesto”, lo cual coincide con algunas definiciones que parten de la valoración pertinente y estética de las señales sonoras (Schafer, 1972). También identificaron algunas señales próximas a sus experiencias diarias o acciones del contexto sociocultural (Pinzón et al, 2021), como son las fábricas, las máquinas y la pólvora.

A partir de la C2, el módulo interactivo seleccionado para contextualizar discusiones en torno a la CA fue Karaoke. La lectura introductoria es la que se expone en la Figura 5.

Figura 5

Lectura inicial para el abordaje de C2



La pregunta dinamizadora en este espacio, posterior a la interacción de los estudiantes con el módulo, fue: muchas personas utilizan la música para hacer dedicatorias ¿qué tipo de mensajes se puede transmitir a través de esta práctica? Los estudiantes respondieron:

- G1: Podemos hacerle saber a alguien que lo queremos
- G2: Desamor, venganza, rencor, empatía, amistad y alegría
- G3: Amor, odio, rencor, tristeza, pedir perdón, etc.

- G4: Experiencias ya sean espirituales, emocionales o ideas. También amor, tristeza, odio, etc.

A partir de las respuestas de los cuatro grupos, es posible concluir que los estudiantes reconocieron la importancia de algunas prácticas socioculturales de la expresión musical. En otras palabras, los grupos coincidieron en declarar que los mensajes transmitidos por medio de la música y el canto son de tipo emocional y destacan las expresiones de amor, odio, tristeza, entre otras.

La experiencia en C2 favoreció abordar que este tipo de expresión (el canto) no es exclusiva de la especie humana, sino que otros animales se comunican por medio de la emisión de señales sonoras asociadas a la habitabilidad de los ecosistemas (Cuadros, 2016; Rivera-Gutiérrez (2016). Adicionalmente, los estudiantes reconocieron el sonido como fenómeno fisiológico (Carrión-Isbert, 1998) alrededor del cual se tejen, social y culturalmente, juicios estéticos para categorizar lo musical, lo sonoro y lo ruidoso, como puede ratificarse a partir del siguiente fragmento de conversación:

Estudiante 1: (...) la música es muy importante (...) porque tiene muchos sentimientos en uno...

Estudiante 2: Porque por ella se pueden expresar mucha cantidad de cosas

Investigador 1: Y ¿creen ustedes que el único que se comunica a través de la música es el ser humano?

Estudiantes: No (al unísono). En la naturaleza también

Estudiante 3: Sí, en la naturaleza, los árboles cuando se mueven; el mar...

Investigador 1: Pero ¿Sería lo mismo hablar, en ese caso, de sonidos, música y ruido? ¿Serían las mismas cosas?

Estudiante 1: Ah no. En animales lo que escuchan son sonidos muy diferentes a nosotros.

Investigador 1: O sea, ¿los perciben distinto?

Estudiante 2: Sí

Estudiante 1: En la música, ellos no la entienden como nosotros la entendemos ni les gusta como a nosotros nos gusta

Investigador 1: ¿Y frente al ruido? O sea, ¿es lo mismo sonido que ruido?

- Estudiante 1: No (...) el sonido es algo calmado, el ruido ya es más aumentado (...) es alborotado.
- Estudiante 2: Además el ruido es algo sin significado. El ruido ciertamente no significa nada.
- Investigador 1: ¿Puede alcanzar a ser molesto normalmente?
- Estudiante 1: Sí, y para nosotros también, pero para los animales es más molesto el ruido
- Investigador 1: ¿Y ustedes habían reflexionado eso antes, en algún momento?
- Estudiante 1: No. Yo lo vengo a reflexionar ahora (...) es que a mí me gustan mucho los animales

Aunado a los fragmentos de la conversación, puede inferirse que la experiencia en C2 suscitó nuevas reflexiones en los estudiantes, las cuales no se derivarían del contenido modular del MICT *per se*, sino a partir del enfoque u orientación conceptual logrado con la cartilla e integrando una problemática diseñada y facilitada por el módulo interactivo (Boud, 1985, como se citó en Savin-baden y Major, 2004; Cazaux, 2019; Observatorio IFE, 2015). En concreto, los procesos para adquirir nuevos aprendizajes involucraron en algunos estudiantes sus intereses personales, sus inclinaciones, gustos y preocupaciones, favoreciendo procesos transversalizados por las dimensiones cognitiva y afectiva (Sánchez, 2013). Céntrese el detalle, por ejemplo, en la afirmación “Yo lo vengo a reflexionar ahora [a partir de la vivencia en el MICT] (...) es que a mí me gustan mucho los animales”.

Adicionalmente, puede reconocerse que las preguntas emergentes favorecieron tránsitos iterativos entre distintas reflexiones o conceptualizaciones disciplinarias. Especialmente, se vieron integradas en la conversación comparaciones, equivalencias, semejanzas o relaciones entre las actividades humanas y las animales, o el impacto de las primeras sobre las segundas. En términos de lo que pueda abordarse en el campo de las ciencias sociales y la ecología acústica, se reconoce una convergencia viable, de interés general para los estudiantes y de contribución en la educación sobre problemáticas contextuales, configurándose un acercamiento a la integración interdisciplinar (Carmona-Mesa et al., 2020).

A partir de la C3 el módulo interactivo seleccionado fue Al Son de la Música. El contexto problemático que los estudiantes abordaron a manera de lectura contuvo, en semejanza a la C2, reflexiones acerca de prácticas sociales y culturales como la producción e interpretación de sonidos en la especie humana y estudiados por la antropología musical. Así mismo, tejió

relaciones entre estas actividades y las expresadas en danzas de cortejo de grupos animales, como las aves y sus requerimientos ecoacústicos para la correcta transmisión de señales sonoras. La Figura 6 enseña el contexto para esta cartilla.

Figura 6

Lectura de reflexión en torno a la comunicación sonora en humanos y aves

En contexto

Ante sonidos que notamos agradables, como la música, nuestro cuerpo reacciona con el *baile*. Cada cultura construye instrumentos y sonidos de acuerdo con los materiales que tiene a su alrededor y los sonidos de su *paisaje sonoro*. Para animales como las aves, las danzas y producción de sonidos ordenados sirven para encontrar pareja, anunciar peligros o marcar territorios.



Créditos: María Rodríguez

Cuando los sonidos se perciben como desordenados y molestos reciben el nombre de *ruido*, y escucharlos constantemente tiene efectos negativos sobre la salud física y psicológica; así como en la estabilidad de los ecosistemas: el ruido obliga a animales a cambiar las formas de comunicación o a desplazarse a lugares con mejores condiciones sonoras.

A la pregunta ¿qué podría ocurrir si los humanos desplazan los sonidos propios de la naturaleza, e introducen los sonidos de sus máquinas y fábricas? Los estudiantes respondieron que:

- G1: Se perderían culturas y habría mucho caos
- G2: Puede que los sonidos pierdan ese gusto o esa esencia que hacen que la música nos lleve esos sentimientos de amor o felicidad.
- G3: Ocurriría mucha contaminación del sonido, casi no nos comunicaríamos y sería muy molesto para las personas, porque no serían sonidos agradables.
- G4: Todo se volvería aburrido y monótono

Con base en las respuestas suministradas por los estudiantes, puede identificarse que los grupos convergieron en reconocer la pérdida de prácticas o condiciones benéficas de la vida en sociedad como la comunicación y posibles efectos de la CA. Se identificó que los estudiantes señalaron la importancia de la comunicación humana y la expresión de emociones y sentimientos,

destacando el valor artístico de las señales sonoras, por ejemplo, las musicales para las sociedades humanas.

En momentos de socialización intergrupal (participación de algunos estudiantes de todos grupos), algunos integrantes soportaron lo expresado de manera escrita. Lo que sigue es la transcripción de un fragmento de conversación entre uno de los investigadores y algunos integrantes de los grupos:

Investigador 1: ¿Creen que pasaría algo en la naturaleza si el ser humano excede los límites de la deforestación, y en lugar de los sonidos que son propios de la naturaleza, mete fábricas, mete vehículos...?

Estudiante G1: Que se perderían muchas culturas, y habría mucho caos, porque no sería como más natural, por así decirlo.

Estudiante G2: Hablando de caos, sería algo muy raro, porque pasar de escuchar, por ejemplo, el sonido de un pájaro a escuchar una máquina, eso va a ser muy maluco y va a poder causar enfermedades, pues, porque usted va a estar en una completa locura escuchando cosas que en realidad no suenan bien.

Investigador 1: ¿Y ustedes creen que eso ya sucede en la actualidad?

Estudiante G1: Sí, yo siento que se ha perdido mucha cosa. Por ejemplo, en las ciudades ha pasado eso. Hay tanta fábrica, hay tanto carro y tanta construcción, que en el momento en que estamos acá (en la ciudad), no podemos percibir el cantar de un pájaro, sino que estamos viendo máquinas por allá botando humo, ruido y cosas así. Yo siento que uno estaría muy intranquilo, esa es la palabra. Porque no hay nada mejor que (...) por ejemplo, usted quiere leer algo, y usted está en una zona tranquila y se va a concentrar. Pero si usted está en una zona ruidosa se lo juro que no va a ser capaz de leer.

Investigador 1: ¿Pero el único afectado podría ser el ser humano?

Estudiante G4: No, los animales. Ahora hablábamos de eso, que debido a eso (...) se extinguen, no en su totalidad, van a quedar o muy poquitos o van a migrar.

Asociado a la pérdida de culturas, la socialización introdujo en sus argumentaciones articulaciones interdisciplinares favorecidas por las preguntas orientadoras durante la

conversación. Lo anterior pudo evidenciarse cuando los estudiantes relacionaron los ambientes sonoramente contaminados con enfermedades físicas y cambios psicológicos, así como la alteración en prácticas de la comunicación humana y las tradiciones culturales (García-Sanz y Garrido, 2003; OMS, 2022; Pinzón et al., 2021).

Así mismo, la experiencia educativa favoreció dimensionar y dialogar sobre afectaciones en el ecosistema, como extinciones y migraciones de poblaciones animales. Los estudiantes expresaron que fue durante el desarrollo de esta actividad que se desarrollaron este tipo de reflexiones y de forma colaborativa se construyeron posturas críticas al respecto. La intervención de un estudiante de G4 permitió verificar lo anterior al decir que “Ahora hablábamos de eso [de la afectación del ruido en la fauna], se extinguen, no en su totalidad, van a quedar o muy poquitos o van a migrar”

En síntesis, a través de las cartillas y las reflexiones por estas suscitadas, los estudiantes reconocieron la CA como una forma de contaminación asociada a las señales sonoras de origen antropogénico y vinculado a procesos sociales como el desarrollo tecnológico y la concentración de actividades humanas en ciudades donde destacan el uso de máquinas, como los vehículos, las factorías o prácticas culturales como la pirotecnia. Los estudiantes reconocieron que los sonidos no son exclusivos de las distintas culturas humanas, sino que están presentes en comunidades animales, sin embargo, sí es propio de cada sociedad humana la valoración estética que los convierte en señales deseadas o molestas. El exceso de ruido-señalaron los estudiantes- implica la pérdida de culturas y de los niveles de bienestar físico y psicológico de las sociedades actuales.

5.2.2 Aprendizajes favorecidos en física

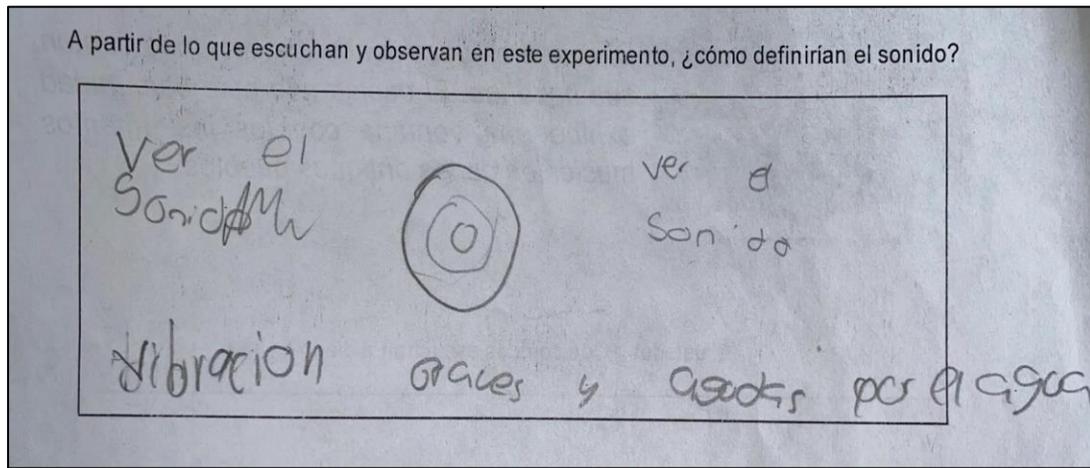
A partir de la C1, el módulo interactivo seleccionado para contextualizar discusiones en torno a la CA, desde los aportes conceptuales de la física, fue Ver el Sonido. La pregunta dinamizadora en este espacio fue: A partir de lo que escuchan y observan en este experimento ¿cómo definirían el sonido?

Por un lado, los integrantes de G1 indicaron que el sonido era “de tranquilidad, pasivo, armonía y relajante”. Por otro lado, los integrantes de G4 indicaron que el sonido era “de paz, armonioso y (...) que da gusto a los oídos”.

De estas aseveraciones puede declararse que, para ambos grupos, las señales sonoras con las que tuvieron cercanía en la interacción suscitaron experiencias estéticas, más que tecnocientíficas. Se hicieron escasos los reportes de conceptualizaciones asociadas a la física, terminología del lenguaje científico o inferencias derivadas de la observación empírica con enfoque experimental. En lugar de esto, las asociaciones logradas por los estudiantes de G1 y G4 tuvieron mayor enfoque desde la emocionalidad.

Pueden asociarse dos posibles causas de los hallazgos declarados en el párrafo anterior: Primera, algunos estudiantes no habían tenido un acercamiento a este tema desde el currículo escolar en ciencias previo a la visita al museo (G1, que pertenece al grado octavo de escolaridad), lo cual ratifica la pertinencia de fortalecer o complementar procesos de aprendizaje y actualización en saberes en el MICT (Cazaux 2019; Pedersoli, 2003). Segunda, los estudiantes decidieron priorizar una experiencia sonora desde la contemplación auditiva y el criterio estético. Más allá de la descripción del lenguaje matemático de las frecuencias y las vibraciones y el método experimental, los estudiantes integraron una noción del sonido como construcción valorativa y configuradora de emociones y sentimientos esperados y deseados (Schafer, 1970/1972).

De otro lado, los integrantes de G2 definieron el sonido como “las vibraciones transmitidas de un objeto o ser vivo hacia el ambiente o un receptor”. Y los integrantes de G3 definieron el sonido como “vibración de graves y agudos por el agua”. Expresión escrita a la que sumaron una representación gráfica de lo que observaron en el experimento. La Figura 7 muestra la respuesta suministrada por G3.

Figura 7*Concepto de sonido según G3*

De las respuestas suministradas por G2 y G3 puede inferirse que sus integrantes fortalecieron con la experiencia una definición del sonido a partir de argumentos de la física. Los estudiantes de G3, en especial, modificaron variables del experimento como la tensión de la membrana vibrante del parlante para generar distintas frecuencias sonoras, lo cual facilitó la clasificación de “graves y agudos por el agua”. Esto condujo a nuevas y fortalecidas definiciones favorecidas por la pregunta orientadora, con cuyo diseño se buscó trascender de respuestas halladas en la literatura y priorizó la experiencia del estudiante con la intención de cerrar la brecha entre el saber teórico y el pragmático a través de la vivencia en el MICT (Hernández y López, 2011; Moore, 2013).

Adicionalmente, a través de la mediación se alcanzaron a generar aproximaciones a la construcción del concepto de sonido como fenómeno de estudio sobre el comportamiento de la materia y su percepción por el sentido de la escucha. Para ello, se tuvieron conversaciones con todos los grupos, especialmente en G2 y G3 se corroboró un previo conocimiento frente a los conceptos de este saber; con los integrantes de G1 y G4 se requirió intencionar la experiencia a nuevas y enfocadas observaciones del movimiento del agua para la construcción de conceptualizaciones. El siguiente registro corresponde a la conversación con el G1:

Investigador 1: ¿A partir de este experimento, se nos permite reconocer cómo se comporta el sonido? ¿qué observan que sucede cada que sentimos un sonido?

Estudiante 1: Que se mueven las partículas de agua

Estudiante 2: Tiembra

Investigador 1: Entonces ¿cómo imaginarían el sonido en el aire?

Estudiante 1: Como un trueno. Por ejemplo, ahora que veníamos, y caía agua, se escuchaba el sonido.

Investigador 1: Entonces, ¿cómo se comportará el aire cuando hay un sonido en él?

Estudiante 1: ¡Vibra!

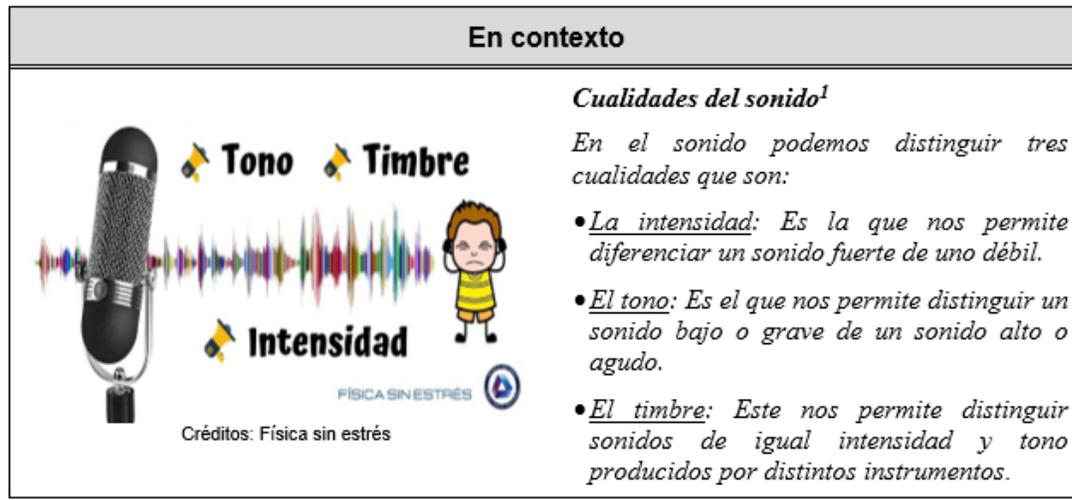
Asociar el sonido al movimiento o vibración de un medio elástico no fue trivial para los estudiantes de G1 en el inicio de la experiencia. La mediación enfocada con preguntas de alto nivel para la explicación de fenómenos tras la interacción con el experimento de Ver el Sonido, como sugiere el método POE (Hernández y López, 2011), fue favorable para que los estudiantes reconocieran nuevos elementos y construyeran definiciones y asociaciones con sus experiencias previas. Los estudiantes pasaron de la observación del comportamiento del agua en el módulo interactivo, a la descripción de los sonidos en otros medios (como el aire) hasta los sonidos que previo a la estancia en el MICT habían percibido (como la lluvia o el sonido del trueno). Por lo tanto, la experimentación con los módulos interactivos y preguntas estimularon aprendizajes que no se lograron solo a través de la información suministrada por la C1.

A partir de la C2, el módulo interactivo seleccionado para el acercamiento a la física fue Contactos, Música en la Piel. Como contextualización de la experiencia se adjuntó una infografía que destacó algunas de las propiedades físicas del sonido (ver Figura 8). A partir de la experimentación con la vibración de las maderas, se formuló una pregunta análoga a la abordada por la C1: A partir de la experiencia en esta interacción ¿cómo definirían el sonido?, al respecto, los estudiantes definieron el sonido como:

- G1: Vibraciones.
- G2: A partir de las vibraciones, nos permite sentir el sonido y a través del movimiento, ritmo y las sensaciones cruzadas.
- G3: El sonido es como ondas que viajan a través de un espacio hasta llegar al oído.
- G4: Es como una vibración que nos hace sentir las ondas y estas nos permiten sentir.

Figura 8

Infografía sobre cualidades del sonido en la C2



Esta experiencia, por su estímulo sensorial a través de la piel, favoreció a que la mayoría de los grupos convergieran a definir el sonido a partir de vibraciones. La experiencia háptica de los estudiantes permitió, además, que identificaran el sonido como función fisiológica de los organismos vivo y que puede darse por distintas rutas del cuerpo. Al respecto, por ejemplo, los estudiantes del G3 manifestaron sentir “sensaciones cruzadas” lo que puede interpretarse como una experiencia multisensorial.

De esta manera, puede ratificarse la pertinencia del enfoque de aprendizaje intencionado que se objetivó en este espacio interactivo (Trilla, 1993); mientras el módulo en sí mismo puede ofrecer una experiencia corporal, las preguntas dinamizadoras con enfoque educativo favorecieron procesos formativos y de dimensión cognitiva. Por lo tanto, la vivencia completa configuró un espacio de favorabilidad para el desarrollo psicomotriz de los estudiantes (Sánchez, 2013). Ante la pregunta ¿cómo consideran que perciben los sonidos las personas sordas? ¿o no pueden hacerlo? los estudiantes respondieron que:

- G1: Sí pueden hacerlo, por las vibraciones.
- G2: Sí pueden hacerlo, a través de los vibratos y sensaciones.
- G3: A través de ondas sonoras y vibraciones.
- G4: El cuerpo actúa como medio para que puedan sentir la música mediante las vibraciones.

Nuevamente, se encontró que todos los grupos de estudiantes se refirieron al sonido como “vibraciones” o como “ondas”, asociando ambos conceptos a través de la experimentación en el módulo, definiéndolo a partir de otras formas de sentir distintas a la experiencia aérea (el sonido propagado por el aire). Así mismo, reconocieron a las vibraciones como causa física de que las personas sordas y animales adecuados a medios distintos al aéreo, puedan ser sensibles a la perturbación de los medios elásticos.

La anterior aseveración se soporta a partir de las declaraciones ofrecidas por algunos estudiantes en socialización intergrupala. Durante la conversación, los integrantes de los grupos afirmaron que esta experiencia fue la más significativa del recorrido y la que aportó nuevos aprendizajes.

Investigador 2: ¿Qué tipo de aprendizaje les dejó la actividad de hoy?

Estudiante G1: Saber cómo las personas sordas sienten (...) como perciben los sonidos, la música.

Estudiante G2: O sea, que hay maneras de percibir el sonido de otras formas aparte de (...) con los oídos.

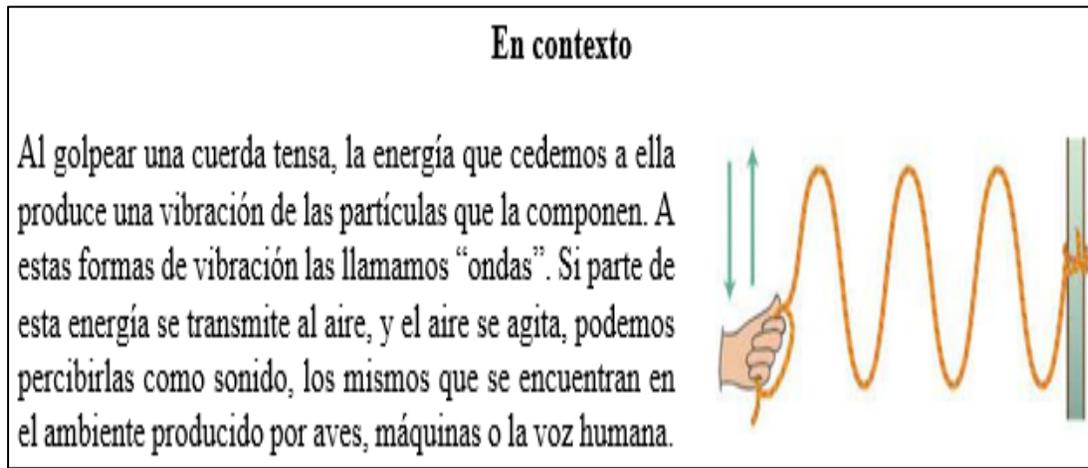
Estudiante G3: Que no sólo los humanos perciben el sonido si no que, por ejemplo, los pájaros se comunican por el sonido y que, hacerles una contaminación, es como matarlos.

Estudiante G4: Y que no sólo se escucha con los oídos, sino también con el tacto.

Finalmente, a partir de la C3 el módulo seleccionado para contextualizar discusiones en torno a la CA, a partir de los saberes disciplinares en física, fue Cuerdas. Se diseñó el contexto teórico (Figura 9) y la pregunta dinamizadora a partir de la experimentación de los estudiantes con las cuerdas vibrantes e instrumentos cordófonos. De manera análoga a las preguntas expuestas en las cartillas anteriores, en esta disciplina, el interrogante fue: Según el comportamiento de la cuerda cuando se agita ¿cómo representarían el sonido en el aire?

Figura 9

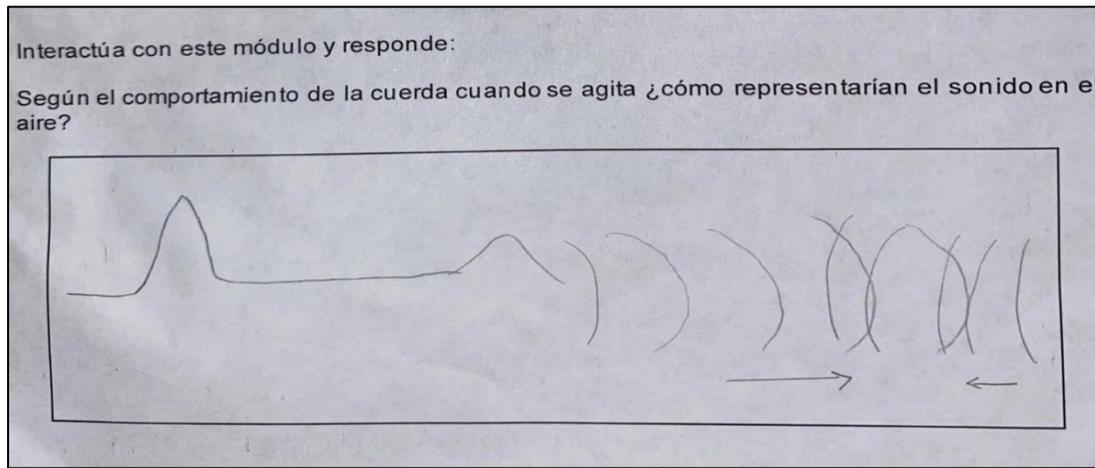
Breve lectura introductoria en física de la C3



Fue posible observar que los G1, G2 y G3 no representaron gráficamente el comportamiento del sonido, sino que ofrecieron nociones o narrativas cercanas a su definición. Por ejemplo, los integrantes de G1 escribieron que “por su tensión [la de las cuerdas], y al moverlas va a generar una onda la cual produce el sonido”. Es posible afirmarlo como consecuencia de que los estudiantes comprendieron que lo que debían hacer era describir o definir; o bien, porque comprendieron que la pregunta en sí misma solicitaba una descripción del cómo construirían una representación del sonido. Solo el G4 realizó una representación gráfica que puede observarse en la Figura 10.

Figura 10

Representación del sonido en el aire según los estudiantes del G4



Aunque las respuestas de G1, G2 y G3 no se orientaron por la indicación de la C3, pudo reconocerse que sí se derivaron de la interacción con el módulo interactivo, no fueron discordantes con las experiencias de los estudiantes en este espacio del MICT; la experimentación implicó la observación del fenómeno y la modificación de sus variables en la construcción de explicaciones acerca del sonido. De esta manera, se aportó a la configuración de una experiencia basada en preguntas favorecedoras de aprendizaje y de alto nivel (Candela, 2018; Hernández y López, 2011).

La experiencia en este enfoque disciplinar estuvo enriquecida, además, por el desarrollo de un crucigrama acerca de propiedades físicas del sonido (ver Figura 11). Las propiedades destacadas fueron: timbre, intensidad, medio y tono. Aunque las pistas y las respuestas del crucigrama podrían considerarse derivadas de preguntas de bajo nivel, ya que para diligenciarlo se acudiría a la búsqueda rápida en algún medio y se precisaría de la palabra exacta (Hernández y López, 2011), se observó que el correcto desarrollo de esta actividad estimuló en los estudiantes la continuidad del recorrido y su deseo por la sana competencia y la agilidad. Lo anterior, debido a que del crucigrama se derivaban pistas para hallar otros módulos interactivos en el MICT, como se verá más adelante.

Figura 11*Crucigrama sobre propiedades físicas del sonido de la C3*

Soluciona el siguiente crucigrama:

Pistas Verticales

1. Cualidad del sonido que permite distinguir entre fuertes y suaves.
2. Propiedad del sonido que permite diferenciar las fuentes sonoras: distinguir la voz de las personas, el sonido propio de una máquina o el de un instrumento musical.

Pistas horizontales

1. Propiedad relacionada con la frecuencia sonora (número de vibraciones que suceden en 1 segundo). Es la cualidad del sonido que permite distinguir entre graves (frecuencias pequeñas) y agudos (frecuencias grandes).
2. Todo sonido requiere un ----- para viajar o propagarse.

Para lograr lo anterior, se estimularon mediaciones conceptuales al tiempo que se acompañaron y complementaron otros procesos de aprendizaje como el ortográfico, ratificando el pertinente rol social de los escenarios de ENF en procesos de complementar, suplir y actualizar los saberes EF con contenidos diseñados o a partir de necesidades emergentes (Colombia. Congreso de la República, 1994, Art. 36; Coombs y Ahmed, 1975; Proantioquia, 2018). Esto se apoya a partir del acompañamiento del G3.

Si bien todos los grupos lograron finalizar el crucigrama (ver Figura 12), en el momento de superar el siguiente reto, que consistió en construir una palabra pista con algunas letras del crucigrama para buscar el siguiente módulo interactivo (ver Figura 13), presentaron una dificultad debido a que requerían de las letras precisas. En ese sentido, G3 no logró hallarlo debido a un error ortográfico: ante la pista vertical 1 del crucigrama “cualidad del sonido que permite distinguir entre fuertes y suaves” los estudiantes respondieron “intencidad” con “C”, cuando lo ortográficamente correcto es “intensidad”, con “S”. Por lo tanto, fue necesario en el ejercicio de la mediación, revisar y conllevar a la corrección para que encontraran la respuesta al siguiente reto (para mayor comprensión, véase la Figura 12).

Figura 12*Solución del crucigrama de propiedades físicas del sonido, G3*

Pistas Verticales

1. Cualidad del sonido que permite distinguir entre fuertes y suaves.
2. Propiedad del sonido que permite diferenciar las fuentes sonoras: distinguir la voz de las personas, el sonido propio de una máquina o el de un instrumento musical.

Pistas horizontales

1. Propiedad relacionada con la frecuencia sonora (número de vibraciones que suceden en 1 segundo). Es la cualidad del sonido que permite distinguir entre graves (frecuencias pequeñas) y agudos (frecuencias grandes).
2. Todo sonido requiere un ----- para viajar o propagarse.

Figura 13*Hallazgo de pista a partir del crucigrama, G3*

Pista dos

Con ayuda de las letras señaladas en círculos en el crucigrama construido, descifra la palabra de dos sílabas oculta y busca el módulo interactivo donde puedas disfrutar y aprender con tu equipo.

Como se indicó previamente, esta fase del recorrido implicó un acompañamiento de mediación con los estudiantes. A partir de los diálogos se dieron lugar a mejores acercamientos

conceptuales y a propiedades del sonido desde la física. A continuación, se muestra de forma paralela en la Tabla 10 algunas construcciones teóricas, preguntas y deducciones a partir de la experimentación con el módulo interactivo y el enfoque de la C3.

Tabla 10

Construcciones Teóricas, Preguntas y Deducciones

G3	G4	Observaciones
	Investigador 1: ¿Por qué, por ejemplo, todas las cuerdas de este instrumento [un bajo eléctrico] no suenan igual?	
	Estudiante 1: Porque <u>tienen una densidad diferente</u>	El G4 argumentó sus ideas representadas en la cartilla, y que se dieron a partir de la experimentación con el módulo interactivo; por lo que puede corroborarse la pertinencia de que los estudiantes vivan experiencias de aprendizaje autónomo, pero con contenido dirigido para alcanzar objetivos de aprendizaje a través de experiencias enfocadas (Moore, 2013; Observatorio IFE, 2015). En el G4 se hizo evidente el surgimiento de conceptos que favorecieron la interdisciplinariedad, como el de ecolocalización animal (ecología y biología), introducida por los estudiantes, y al que se dio lugar al hablar de los medios de propagación del sonido (física). Es decir, se favoreció el tránsito iterativo entre una disciplina y otra (Carmona-Mesa et al., 2020) Algunos integrantes de G3 formularon preguntas con fines de comprender el comportamiento del sonido en el vacío; concepto también introducido por los estudiantes. Tras la observación y experiencia con el módulo interactivo, y la contextualización en la discusión que ofreció el contenido de la C3, se permitió dimensionar el alcance del ejercicio para la formulación de preguntas de alto nivel, esta vez formuladas por los estudiantes y que favorecieron la descripción y predicción de fenómenos físicos (Candela, 2018; Hernández Millán y López Villa, 2011)
	Estudiante 2: Más bien <u>porque las calibran de diferentes formas</u> ¿cómo es que se llama eso?	
	Estudiante 1: <u>Afinar</u>	
Investigador 1: Leamos la instrucción del crucigrama “todo sonido requiere un...para viajar o propagarse”.	Investigador 1: Muy bien, se dan cuenta de que hay unas condiciones físicas diferentes en ellas. Por ejemplo, tienen grosores distintos. Bueno, hemos hablado del movimiento de la cuerda, pero ¿cómo se genera ese sonido en el aire?	
Estudiante 1: Un medio.	Estudiante 1: Al movimiento. Es vibrante	
Investigador 1: ¿O sea que qué pasaría si nosotros intentamos hablar, pero eliminamos el aire que hay por medio nuestro?	Investigador 1: Y entonces ¿cómo lo representarían?	
Estudiante 1: No escuchamos	Estudiante 2: <i>tututututu</i> [hace movimiento con las manos en el aire] Así, <i>tutututu</i> como de lado [hace movimientos oscilantes con sus manos]	
Investigador 1: ¡No escuchamos!	Investigador 1: O sea que si yo emito un sonido ¿así se comportaría el aire alrededor mío?	
Estudiante 1: ¿Sí?, ¿sí? ¿cierto?	Estudiante 1: Sí, así. Y <u>va avanzando el sonido en forma de cuenco</u> [hace esferas con las manos que se propagan].	
Investigador 1: ... Exacto, no podríamos escuchar.	Investigador 1: Vamos al desarrollo del crucigrama “todo sonido requiere un...para viajar o propagarse. Un...”	
Estudiante 2: <u>¿O sea que el sonido no puede viajar por el vacío?</u>	Estudiante 3: Magnitud	
Investigador 1: Correcto. No se puede escuchar en el vacío. Usted ve una película muy interesante del espacio estelar, donde allá suena algo y...muy buena la película, pero lo más probable es que no, no es verdad.	Estudiante 4: No, son cinco letras	
	Estudiante 3: Matiz (risas)	
	Investigador 1: No. Estamos hablando como de ese lugar por donde el sonido tiene, sí o sí, que viajar.	
	Estudiantes: Aire, el aire	
	Investigador 1: Bien, pero ¿solamente viaja a través del aire? ¿por dónde más podría viajar el sonido?	

-
- ¿Podríamos escuchar ondas sonoras en el agua?
- Estudiantes: Sí, si...
- Estudiante 3: Sí, porque cuando uno está debajo del agua y hablan, uno escucha
- Investigador 1: O sea que muy posiblemente algunos animales no detecten el sonido a través del aire, no han evolucionado en ese lugar, sino de otros...medios
- Estudiante 2: Ecolocalización. O sea, hacen un sonido y depende de las cosas, vibran...lo hacen varios animales
- Estudiante 3: ¡Exacto! Y con ese sonido ven
- Investigador 1: En ese caso ¿el sonido viajaría por dónde? No puede ser por el aire...no viven en el aire.
- Estudiante 3: Por el agua
- Investigador 1: Parece ser que todos los medios físicos que tienen materia y permiten que se mueva, que vibre...permiten que el sonido se desplace. A esos lugares les llamamos "medio"
-

En síntesis, pudo observarse que las tres cartillas favorecieron acercamientos conceptuales para la comprensión del sonido desde la física. Sin embargo, fueron mayormente favorecidos los aprendizajes a partir de los módulos interactivos seleccionados para C2 y C3. Puesto que, a través de estos, tanto los estudiantes que tuvieron previo acercamiento escolar al concepto (G3 y G4, grados décimo y once, respectivamente) como aquellos que aún no abordaban este campo del saber escolar (G1 y G2, grados octavos), construyeron nociones más precisas sobre vibraciones y ondas mecánicas.

Los estudiantes reconocieron, de forma general, el sonido asociado al fenómeno de vibración u oscilación de medios elásticos, a partir de experiencias con fluidos líquidos, cuerdas y maderas conectadas a parlantes que son propias de la colección museográfica. Interdisciplinariamente, se favorecieron preguntas contenidas en las cartillas, o emergentes de las mediaciones, algunos estudiantes pudieron definir, a partir de criterios principalmente estéticos, más que físicos, al ruido, y reconocieron algunas fuentes sonoras de sus entornos escolares y locales, y en asociación a su origen, el ser humano.

El reto asociado al saber físico para la dinamización del recorrido propuesto por la C3, esto es, el crucigrama, demostró un nivel de complejidad mayor al de los retos contenidos en las demás cartillas. La complejidad estuvo asociada a la necesidad de diligenciar el crucigrama con aceptable ortografía, pues de esto dependió el hallazgo de futuras pistas e interacciones en la colección del MICT, lo cual estimuló la búsqueda de información complementaria en fuentes digitales o a través de la mediación.

5.2.3 Aprendizajes favorecidos por los conocimientos en ecología

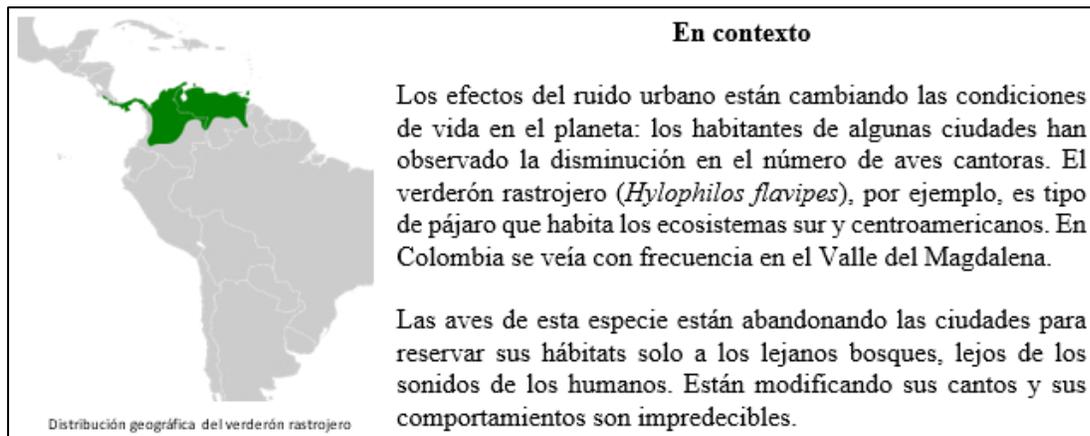
A partir de la C1, el módulo interactivo seleccionado para contextualizar discusiones en torno a la CA, Músicas Indígenas. La contextualización del módulo al interés educativo de la cartilla favoreció reflexiones en torno a la importancia de la comunicación a través de las señales sonoras para distintas poblaciones humanas tradicionales y su permanencia hasta la actualidad.

Este momento en la cartilla se contrastó con el hecho de que no solo los seres humanos se comunican y que no son los únicos para los cuales la creación de señales sonoras requiere específicas condiciones acústicas. La Figura 14 muestra el contexto de lectura diseñado para los

estudiantes, que abordó la problemática contextual integrando territorio y fauna de los ecosistemas colombianos.

Figura 14

Lectura de contexto en ecología para la C1



Ante la pregunta ¿qué responsabilidades debemos tener en cuenta cuando desarrollamos tecnologías que pueden modificar el paisaje sonoro de un ecosistema? se obtuvieron las respuestas:

- G1: Estamos desperdiciando los sonidos de la naturaleza.
- G2: Que los sonidos que buscamos crear se sientan familiares y reales.
- G3: Debemos tener varias responsabilidades como controlar el volumen de los dispositivos tecnológicos que utilizamos, como los bafles, no usarlos constantemente y utilizar audífonos y usar coches eléctricos.
- G4: La bicicleta eléctrica y la patineta eléctrica.

Si bien el G1 enunció una breve reflexión basada en el desaprovechamiento de los bienes y servicios naturales como sus sonidos, no se declararon propuestas que implicaran un proceso reflexivo más profundo en términos de la acción para mitigar el problema ambiental. Así mismo, destaca el caso de los integrantes de G4, quienes declararon como propuesta la implementación de nuevas formas de movilización en la ciudad, pero no se generó un análisis más profundo en

términos de las acciones ya existentes o que implique más su cotidianidad y, de cierta manera, su contribución a la condición acústica del entorno que habitan.

Los integrantes de G2, por su parte, declararon las propuestas de “crear” sonidos más “familiares y reales”, lo cual permite identificar que los estudiantes reconocieron un rol más activo del hombre como especie productora de sonidos, no solo como usuaria (como se podría deducir de lo expresado por G1). Sin embargo, tampoco explicitan cómo lograr dichos sonidos y de las expresiones “familiares y reales” es complejo tener una definición concreta, pues los sonidos que hoy se tienen no son menos reales solo por provenir de la especie humana. Además, esta especie es naturalmente productora de sonidos, aunque *moldeados* por su cultura (Pinzón et al, 2021; Schafer, 1970/1972) y son comunes o “familiares”. El conflicto de lo anterior se encuentra en los juicios estéticos, en que la especie humana en sí no tiene capacidad para soportar los altos niveles de intensidad que produce, sin que se generen efectos negativos en su salud (Esteban-Alonso, 2003; García- Sanz y Garrido, 2003; Schafer, 1972; Serway y Jewett, 2008).

Contrariamente, se puede afirmar que hubo una mayor discusión frente a este tema en el G3, pues declararon varios tipos de responsabilidades que partieron de las acciones concretas que pueden hacer en su vida diaria, tanto de manera individual como colectiva. Este grupo integró algunas propuestas que tienen que ver con el autocuidado al sugerir “utilizar audífonos a volumen moderado”, así como de impacto en el ambiente y en la sociedad al sugerir un uso moderado del volumen en actividades colectivas; al priorizar el desplazamiento por medios que generan un menor impacto ecológico.

Con el interés en conocer con mayor profundidad los posibles análisis desarrollados por los estudiantes, se favorecieron espacios de mediación. Mientras que G1, G2 y G3 convergieron en ofrecer una fácil argumentación frente a sus respuestas, fue necesario un trabajo más estimulante con los integrantes de G4. A continuación la transcripción del abordaje.

Investigador 1: ¿Qué responsabilidades tendríamos nosotros que tener en cuenta para utilizar la tecnología, pero de manera responsable ante los impactos al ecosistema? Por ejemplo, estamos hablando del sonido, y sabemos que es más cómodo viajar en vehículo que viajar a pie de un lugar a otro, pero también sabemos que los vehículos, además de emitir gases, hacen mucho ruido, entonces ¿qué

tendríamos que tener en cuenta para hacer uso de este tipo de tecnologías considerando su impacto en el ecosistema?

Estudiante 1: Bicicletas eléctricas

Estudiante 2: Los patines

Estudiante 3: Ay, no lo sé. Ayúdenos ya (...) y si lo dejamos así, ¿qué?

Investigador 1: No pasa nada. Pero si quiero que lo reflexionemos (...) porque piensen ¿el colegio es un espacio ruidoso? ¿no es ese un problema?

Estudiante 1: Sí, mucho

Investigador 1: ¿Qué propondrían ustedes para ese tipo de lugares, y que el uso que hacemos de los sonidos sea más responsable?

Estudiante 4: Ponerles cinta en la boca

Estudiante 3: ¡no! ¿cómo van a callar a la gente?

Estudiante 1: No, eso no. Por ejemplo, yo pondría medidores de sonido. Para que cuando alguien está haciendo mucho ruido, que lo hiciera rebajar.

A partir de lo anterior, pudo evidenciarse que para algunos estudiantes del G4 este fue un ejercicio retador, ya que les exigió contextualizar un saber teórico a una problemática que, aunque ficticia (en el sentido de que no tenían que solucionar el problema global de la CA), era cercana a ellos; lo anterior lo confirmó un estudiante cuando se preguntó si en el contexto del colegio se vivía CA. Esta condición retadora generó cierto nivel de frustración en un estudiante, quien sospechó que si no terminaban este eje de la cartilla algo podría pasar; alguna represalia o la invalidación para pasar a otro espacio interactivo. Sin embargo, se aclaró que nada de esto ocurriría, no era una obligación, pero era un tema (el de la CA) que merecería atención por su pertinencia y compete a la salud y el bienestar de las personas y el de los ecosistemas (Esteban-Alonso, 2003; García- Sanz y Garrido, 2003). Además, era totalmente cercano a su entorno escolar.

En línea con lo anterior, se logró identificar que con la invitación a reflexiones más profundas, algunos integrantes de G4 explicitaron nuevas propuestas. Algunas de ellas suscitaron disensos (como la del estudiante que propuso “ponerles cinta en la boca” a sus compañeros para disminuir los niveles de ruido), y otras integraron métodos como medir los niveles de intensidad del sonido para reconocer cuando se aproximan a umbrales de afectación.

A partir de la C2, el módulo interactivo seleccionado para contextualizar discusiones en torno a la CA fue La Banda. La lectura problematizadora que contextualizó esta parte del recorrido para los estudiantes se puede ver en la Figura 15.

Figura 15

Lectura introductoria a las fuentes generadoras de CA en la C2

En contexto	
 <p>Créditos: Difadi.com</p>	<p><i>La contaminación acústica puede proceder de fuentes tales como el tránsito vehicular, el tráfico aéreo, las obras de construcción, las discotecas y bares, entre otros.</i></p> <p><i>La intensidad del sonido se mide en decibelios (dB) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda no superar los 65 dB para no generar afectaciones medio ambientales.</i></p>

Posterior a la lectura y el disfrute de los estudiantes en el modelo interactivo, se planteó la situación: las aves transmiten mensajes a través de sonidos. Esto les permite encontrar alimentos, identificar crías, hallar pareja y anunciar peligros ¿cómo podría afectar la contaminación acústica a la lira soberbia, siendo esta un ave experta en imitación? Se obtuvieron las respuestas:

Se obtuvieron las respuestas:

- G1: Las liras no se entenderían entre sí.
- G2: La contaminación acústica puede afectar esta ave ya que no podría identificar sus crías, hallar parejas y no podría anunciar peligros.
- G3: No se podría comunicar con su especie ya que habría mucho sonido.
- G4: Afectaría de forma negativa ya que las puede dejar sordas o las podría confundir con tantos sonidos.

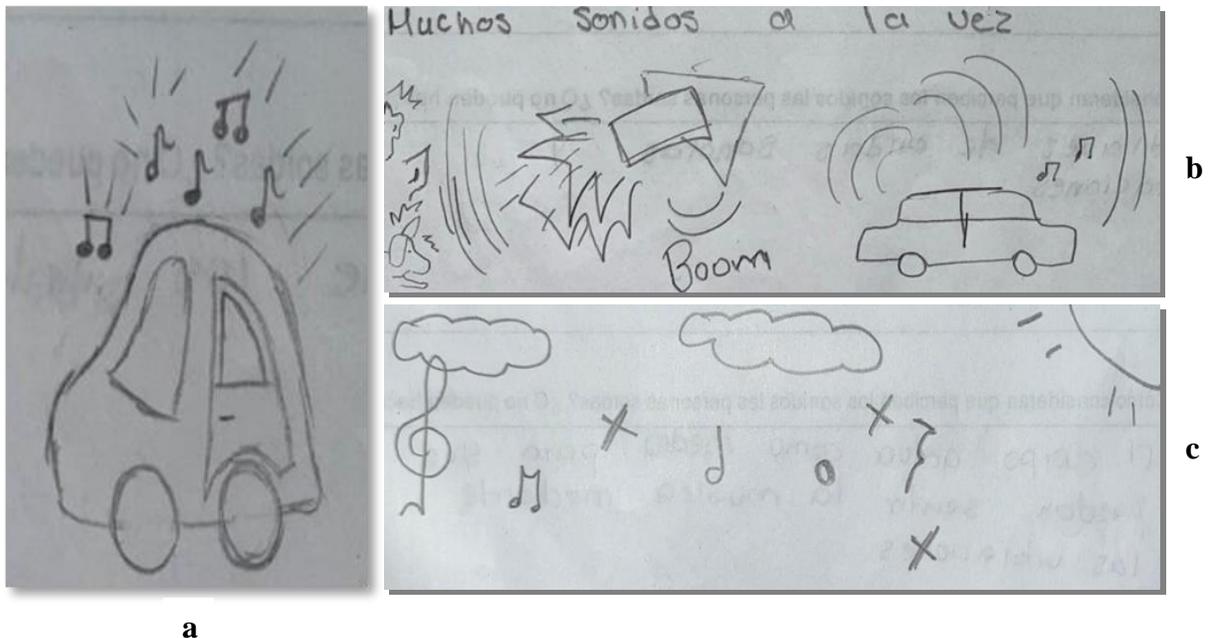
A partir de las respuestas, fue posible observar que los estudiantes ya estaban familiarizados en este punto del recorrido con la particular característica de la lira soberbia acerca de su capacidad de imitación de sonidos. Lo que puede ser considerado como un nuevo aprendizaje en el contexto del recorrido. La mayoría de los grupos reconocieron las dificultades que generan para las aves los entornos altamente sonoros, los cuales conllevan problemas en la comunicación; tal como lo apoya la literatura en ecología acústica (Pacheco Vargas y Losada Prado, 2015; Rivera Gutiérrez, 2016). Por ejemplo, G1 declaró que las aves “no se entenderían entre sí”, aludiendo a la comunicación intraespecífica del animal y cuya respuesta puede tomarse como análoga de la suministrada por el G3, que declaró que el ave “no se podría comunicar con su especie”.

Al respecto, de G2 es posible afirmar que encontraron una respuesta sin necesidad de dimensionar situaciones hipotéticas, sino que hallaron la respuesta en el mismo enunciado que antecedió la pregunta formulada; para ello acudieron a construir la respuesta a partir de las negaciones de las proposiciones expuestas en dicho enunciado. Es decir, mientras el preámbulo de la pregunta declaraba que los sonidos y cantos en las aves “les permite encontrar alimentos, identificar crías, hallar pareja y anunciar peligros”, en el marco de la pregunta “¿cómo podría afectar la contaminación acústica a la lira soberbia, siendo esta un ave experta en imitación?” los estudiantes contestaron que, “no podría identificar sus crías, hallar parejas y no podría anunciar peligros.

Un segundo ejercicio dinamizador fue formulado. Esta vez se les pidió a los grupos representar la CA. La pregunta fue: Si pudieran ver la contaminación acústica, ¿cómo la representarían? Al respecto, G1 afirma “Como un montón de basura en un parque natural” y G2, G3 y G4 construyeron representaciones gráficas como puede verse en la Figura 16.

Figura 16

Representación de la CA por parte de G2 (a), G3 (b) y G4 (c)



La experiencia en los módulos interactivos, en vínculo con el contenido de la cartilla, favoreció la conceptualización del paisaje sonoro y el impacto de los ruidos al ecosistema y las funciones ecológicas. Lo anterior, puede concluirse a partir de las representaciones que favorecieron interpretar lo que los estudiantes asociaron acerca de la CA con aspectos de su vida cotidiana y en prácticas socioculturales que identificaron como factores contaminantes acústicos. Es decir, los estudiantes, especialmente los del G2 y G3, reconocieron las principales causas de la CA a las actividades antropogénicas (Schaffer, 1970/1972). La Figura 15b, exhibe, por ejemplo, fuentes sonoras como vehículos, cohetes y fuegos artificiales que afectan también a especies animales (ver representaciones zoomorfas, presuntamente un canino en el extremo inferior izquierdo de la Figura).

Por su parte, la representación construida por los integrantes de G4 no permite evaluar el origen de los sonidos que asocian con la CA, pues no se representan explícitamente las fuentes sonoras, aunque hay representaciones de varias *equis* en el espacio, de lo que podría inferirse la evaluación estética frente a las señales sonoras que podrían evaluarse como ruidosas (Schaffer, 1972).

A partir de la C3, el módulo interactivo seleccionado para contextualizar discusiones en torno a la CA fue Todo Suena. Una vez los estudiantes interactuaron con el módulo encontraron la lectura de contexto que puede observarse en la Figura 17. La pregunta dinamizadora en este espacio fue ¿qué proponen para mejorar las condiciones de ruido en la escuela, el barrio o la ciudad? Los estudiantes registraron de forma escrita:

- G1: Saber escuchar y aprender a disfrutar los espacios.
- G2: Usarlos cuando de verdad son necesarios. Si hay animales no utilizar o elaborar sonidos que pueden ser un perjuicio para ellos
- G3: en la escuela, colocar normas auditivas; en el barrio, no hacer fiestas de noche; en la ciudad, carros eléctricos.
- G4: Hacer silencio. Concientizar a las personas sobre el volumen adecuado.

Figura 17

Lectura para reflexiones en ecología, C3

En contexto



Muchas cosas vibran en la naturaleza. Si vibra cerca de unas 20 veces por segundo (20 Hz) hasta unas 20.000 veces por segundo (20.000 Hz) el cerebro humano, por medio del oído, lo percibe como sonido. Los perros perciben sonidos por encima de las 40.000 veces por segundo (sonidos muy agudos), mientras que elefantes y serpientes captan ondas que viajan por el suelo pocas veces por segundo (sonidos graves).

Algunos materiales, además de emitir sonidos, son excelentes para absorberlos. Por ejemplo, sentimos un mayor sonido en una casa desocupada que en una llena de muebles. La madera propia de los árboles en los bosques, debido a su porosidad, son excelentes para absorber sonidos estruendosos que se producen en las ciudades cercanas y de máquinas o fábricas. Cuidar del sonido es, también, cuidar de la naturaleza.

Créditos: Freepik

Adicionalmente, a partir de las socializaciones intergrupales, se acercó a los estudiantes a generar argumentaciones frente a la importancia de las buenas condiciones sonoras para las distintas especies en un ecosistema. En especial, durante la conversación se suscitó la respuesta escrita del G2, pues relacionó las fuentes sonoras humanas con el posible impacto en el medio

ambiente y las especies animales. El siguiente es un extracto de mediación entre uno de los investigadores, estudiantes y una mediadora del MICT:

- G1: Saber escuchar y aprender a disfrutar los espacios.
- G2: Usarlos cuando de verdad son necesarios. Si hay animales no utilizar o elaborar sonidos que pueden ser un perjuicio para ellos
- G3: en la escuela, colocar normas auditivas; en el barrio, no hacer fiestas de noche; en la ciudad, carros eléctricos.
- G4: Hacer silencio. Concientizar a las personas sobre el volumen adecuado.

Adicionalmente, a partir de las socializaciones intergrupales, se acercó a los estudiantes a generar argumentaciones frente a la importancia de las buenas condiciones sonoras para las distintas especies en un ecosistema. En especial, durante la conversación se suscitó la respuesta escrita del G2, pues relacionó las fuentes sonoras humanas con el posible impacto en el medio ambiente y las especies animales. El siguiente es un extracto de mediación entre uno de los investigadores, estudiantes y una mediadora del MICT:

Investigador 1: ¿Por qué es importante que haya buenas condiciones acústicas para las aves?

Estudiante 1: Para poder emitir mensajes de sonido. Ellas lo necesitan

Mediadora: ¿Qué tipo de mensajes? ¿Qué se comunicarán a través de eso? ¿Un chisme?

Estudiante 2: Comunicarse (...) dar expresiones.

Mediadora: Pero ¿será que un ave cuenta “ay, mirá, por allá estaba un ave y estaba con esta otra...” ¿O se cuentan un chisme? ¿O se cuentan que comieron ayer, que comieron hoy?

Estudiante 1: Sí, eso

Estudiante 2: Sí. Nosotros no la entendemos, pensamos que son solo cantos, pero esa es su forma de comunicación.

Investigador 1: Posiblemente para cortejar a las hembras, para la reproducción o anunciar que hay peligros. El sonido no solo es importante en la comunicación nuestra, sino que los animales necesitan una comunicación efectiva a través de él.

Con base a lo anterior, puede afirmarse que el contenido de la cartilla en el abordaje de ecología favoreció o complementó aprendizajes en los estudiantes, además de favorecer una postura de reconocimiento y necesidad de acción frente al problema de la CA. Algunos estudiantes reconocieron el sonido como evento fisiológico particular de cada especie, como el estudiante que declaró que “no la entendemos [la comunicación de las aves], pensamos que son solo cantos, pero esa es su forma de comunicación”; lo anterior se aproxima a algunas declaraciones de la literatura (Rivera-Gutiérrez, 2016).

Se ratifica la importante labor de la mediación intencionada a fortalecer dichos procesos; a través de ella, de las preguntas y el apoyo en conocimientos, la mediadora reconoció que los estudiantes no son vacíos en conocimientos e intereses (Cazaux, 2019). Fue a través de la mediación que se buscó el vínculo entre los objetos del módulo interactivo, el concepto abordado por la cartilla y los estudiantes. Lo anterior permite declarar la importante labor de los museos cuando su contenido se orienta a fines educativos, a través de métodos y objetivos de aprendizaje, que, si bien son desafiantes alcanzar debido a la corta permanencia de los estudiantes en el espacio, posibilitan ser reforzados y contextualizados desde los saberes clásicos, hacia los problemas contextuales de ambiente y sociedad (Cazaux, 2019; Pedersoli, 2003; Trilla, 1993).

Con base a lo anterior, puede afirmarse que el contenido de la cartilla, sus preguntas, y la interacción con mediadores e investigadores favoreció a que los estudiantes reconocieran el impacto de la CA en el ecosistema, para lo cual propusieron el uso correcto de las tecnologías y otras fuentes sonoras antropogénicas que alteran los estados de equilibrio ecológico, y que asociaron a sonidos que perciben en su experiencia cotidiana, para evitar generar “perjuicios” a las especies de determinado hábitat (G3 “Si hay animales no utilizar o elaborar sonidos que pueden ser un perjuicio para ellos”).

Algunos estudiantes enunciaron la importancia de las acciones sociales colectivas para el mejoramiento del paisaje sonoro, es decir, de las condiciones sonoras de determinado espacio. Para el G3 es importante la implementación de “normas auditivas” mientras que para el G4, se precisa de acciones educativas sobre la problemática; para sus integrantes, una posible solución consiste en “concientizar a las personas sobre el volumen adecuado”.

6 Conclusiones

Esta investigación tenía por objetivo identificar las oportunidades favorecidas al público escolar a través de una propuesta de aprendizaje interdisciplinar centrada en la contaminación acústica, al interior de un espacio de educación no formal en ciencias. Al respecto, es posible afirmar como principales hallazgos del estudio: Primero, se destaca que el contenido de las tres cartillas didácticas permitió la permanencia de los estudiantes en la colección de música y sonido de manera autónoma y con apoyo del equipo de mediación. Para lo anterior fue prioritario el diseño de una problemática que transversalizó el contenido museográfico, así como el conceptual que ofrece este espacio no formal de aprendizaje con un enfoque interdisciplinar desde los conocimientos y reflexiones de los estudios de la sociedad, la física y la ecología.

Se hizo evidente que la mayoría de los estudiantes se estimularon en completar las actividades debido a la superación de retos que involucró en gran medida sus dimensiones socioemocionales, favoreciendo el trabajo en equipo, la corroboración de información, la búsqueda de estrategias y la actividad física dentro del MICT. Los retos a través de prosas para el hallazgo de pistas, la descodificación de mensajes ocultos y desarrollo de crucigramas con contenidos disciplinares contribuyeron a que los estudiantes permanecieran activos en el espacio de museo.

Segundo, de las tres disciplinas integradas (sociedad, física y ecología) la que más enfoque conceptual precisó fue la física. Especialmente en G1 y G2 cuyos grados de escolaridad en el momento de la implementación no habían desarrollado en el currículo escolar los contenidos conceptuales abordados en la cartilla (onda mecánica, timbre, tono, intensidad, medio, entre otros); en este caso de grado octavo ambos grupos. Sin embargo, con G3 y G4 se lograron acercamientos o profundizaciones al concepto del sonido, en donde plantearon o respondieron preguntas de alto nivel, realizaron variaciones de los experimentos, y se integró fácilmente a las demás disciplinas bajo la transversalización del problema diseñado sobre la CA.

En consecuencia, es posible concluir que implícitamente los módulos interactivos de esta sala tienen su principal diseño para los últimos grados de escolaridad del sistema escolar colombiano. Si bien es posible también abordarlos con grados inferiores, la experiencia- desde la complementariedad educativa- no logra el mismo nivel de profundidad; aspecto también condicionado por la naturaleza, tiempos y dinámicas de este tipo de espacios de formación.

Tercero, el abordaje del contenido museográfico a partir del diseño de una problemática como hilo conductor, favoreció la aprehensión y profundización de conocimientos que, si bien integran áreas del currículo escolar, trasciende al mismo para abordar problemáticas contextuales y pertinentes, como la CA; aspecto característico del enfoque interdisciplinar de la educación. Dicho lo anterior se reafirma que fue posible plantear diseños metodológicos para favorecer procesos de aprendizaje diferenciadores en el MICT. Dichos diseños tomaron en cuenta que los espacios del museo facilitaron el abordaje de problemáticas importantes, reales o diseñadas, que involucraron intencionadamente a los estudiantes, y les permitieron la participación activa desde un contenido atractivo de los saberes clásicos de las ciencias, con un enfoque pragmático de los saberes. El museo, bajo este prisma, fue un espacio que visibilizó a los estudiantes como sujetos activos que no solo reciben información, ni que deben buscarla sin orientación y objetivos de complemento a su formación integral.

Cuarto, la propuesta de recorridos autónomos a través de problemáticas diseñadas en cartillas fue flexible a las cantidades de estudiantes recibidas, las cuales *no* pudieron ser predichas. El diseño de tres tipos de cartillas, es decir, de tres tipos de recorridos, permitió una aceptable distribución de los estudiantes en el espacio de la sala interactiva. No se observaron aglomeraciones focalizadas, ni el uso excesivo de los módulos interactivos en un corto tiempo que comprometiera sus correctos funcionamientos.

Quinto, si bien los grupos estudiantiles realizaron los recorridos de manera autónoma, sin el requerimiento de guías de parte de los mediadores en cada una de las experiencias, estos fueron indispensables en el espacio para asistir las necesidades operativas y conceptuales de los estudiantes. Los mediadores realizaron ejercicios de mediación focalizada a las dinámicas y problemáticas expuestas en el material escrito.

Sexto, con el interés de reconocer las limitaciones y alcances del estudio, se declara que no es posible predecir los efectos de replicar las implementaciones descritas en grupos multigrados, puesto que los grupos abordados fueron de un único grado escolar por cada implementación. Esto es, no se recibió durante el desarrollo de una misma implementación variedad de edades escolares. Esta particularidad no fue una decisión *a priori*; la no previsibilidad de la cantidad y variedad de grupos es una característica propia de los MICT.

Séptimo, las cantidades de estudiantes fueron inferiores a la centena. Por lo cual, tampoco puede afirmarse los efectos de la implementación en grupos de cantidades superiores, aunque se

presume con menor incertidumbre que con una mayor cantidad de cartillas o variedad de recorridos, se puede garantizar la experiencia para una cantidad también mayor de estudiantes.

Octavo, como lo hicieron explícito algunos estudiantes, los formatos de cartilla presentado se hizo visualmente saturado, dando la impresión de cantidades extensas de materiales de lectura, aspecto con el cual los estudiantes prefieren no encontrarse, pues estos esperan materiales y diseños distintos a las tradicionales en un espacio de ENF. Adicionalmente, se reconoció un diseño desigual en términos de extensión de las cartillas. Es decir, si bien todas fueron diseñadas con tres módulos interactivos, tres retos y preguntas, estas no contienen actividades o retos en el mismo grado de dificultad.

Para mitigar estos alcances y perfeccionar futuras implementaciones, se convoca a los MICT a continuar la investigación en el diseño de formatos para que los estudiantes habiten sus escenarios. Para ello se requiere de diseños que integren las reflexiones pedagógicas con los contenidos museológicos en la garantía de experiencias significativas para los estudiantes desde el trabajo integrado de todas las áreas del museo, y no solo en la visita *in situ*. Lo anterior puede contribuir a mejorar el equilibrio entre la diversión y el aprendizaje, ambos prioritariamente pensados desde objetivos claros de complementariedad formativa.

Referencias

- Acevedo, S. y Carmona, J. (2021). Análisis documental sobre la educación ETEM/STEAM no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas: El caso de Iberoamérica. En Serna, E. (Ed). *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI*, 1(4), 452-470.
- Álvarez-Gayou Jurgenson, J. L. (2003). Análisis de la información. En *Cómo hacer investigación cualitativa: fundamentos y metodología* (pp. 187-193). Editorial Paidós Mexicana, S. A. <https://bit.ly/45j5fQL>
- Allen, S. y Peterman, K. (2019). Evaluación de la educación STEM informal: problemas y desafíos en contexto. En AC Fu, A. Kannan y RJ Shavelson (Eds). *Evaluación en la Educación Informal en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Nuevas direcciones para la evaluación*, 161, 17-33.
- Banks, M. (2005). *Los Datos Visuales en Investigación Cualitativa*. Ediciones Morata, S. L.
- Brumm, H. y Slabbekoorn, H. (2005). Acoustic communication in noise. *In Advances in the Study of Behavior*, 35, 151-209.
- Candela, B. F. (2018). Desarrollo del conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido de la química, de profesores en formación a través de la reflexión de los PAP-ERS y videos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(1), 101-119.
- Cardona, M., Arias, V., Trujillo, C. y Carmona, J. (2020). Divulgación de la ingeniería en estudiantes de secundaria por medio del diseño ingenieril y la educación maker, una experiencia de campamento bajo el enfoque de educación STEAM. En Serna, E. (Ed). *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI*, 2(3), 264-277.
- Carmona-Mesa, J. A. (2020). Diseño y evaluación de un programa de formación STEM para el desarrollo profesional de profesores de matemáticas y ciencias.
- Carmona-Mesa, J. A., Cardona-Zapata, M. E. y Castrillón-Yepes, A. (2020). Estudio de fenómenos físicos en la formación inicial de profesores de Matemática. Una experiencia con enfoque en educación STEM. *Unipluriversidad*, 20(1), 18-38. <https://bit.ly/3KMAoE9>
- Carrión-Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos* (1.ª ed.). Ediciones UPC. <https://bit.ly/3OZU3Tx>
- Cazaux, D. (2019). *Origen y desarrollo de los Museos Interactivos de Ciencia y Tecnología* (1ª ed.). Fondo Editorial ITM.
- Choi, B. y Pak, A. (2006). Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clin Invest Med*, 29(6), 351-364. <https://bit.ly/44uCvnb>
- Colombia. Congreso de la República. (1994). *Ley 115 de 1994 (febrero 8): Por la cual se expide la ley general de educación*. Diario Oficial. <https://bit.ly/3QJZS8H>
- Coombs, P. y Ahmed, M. (1975). *La lucha contra la pobreza rural: el aporte de la educación no formal*. Editorial Tecnos, S. A.

- Cuadros, T. (2016). Los sonidos de las aves. En J. Botero-Orrego y S. Chaparro-Herrera. (Eds). *Guía Sonora de las Aves del Refugio de Vida Silvestre Alto de San Miguel* (pp. 43-56). Medellín: Alcaldía de Medellín y Sociedad Antioqueña de Ornitología. <https://bit.ly/3OHjQyu>
- Dueñas, M. (2008). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Museos de Ciencia.
- Esteban-Alonso, A. (2003). Contaminación acústica y salud. *Observatorio Medioambiental*, 6, 73-95.
- Flick, U. (2014). *El Diseño de Investigación Cualitativa*. Ediciones Morata, S. L.
- Flick, U. (2014). *La Gestión de la Calidad en Investigación Cualitativa*. Ediciones Morata, S. L.
- García-Sanz, B. y Garrido, F. (2003). *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Fundación “la Caixa”. <http://bit.ly/3qsDW7H>
- Griffin, J. (2004). Research on Students and Museums: Looking More Closely at the Students in School Groups. *Wiley Periodicals, Inc.* 88(1), 59-70.
- Henaó-Villa, C., García-Arango, D., Aguirre-Mesa, E., González-García, A., Bracho-Aconcha, R., Solórzano-Movilla, J. y Arboleda-López, A. (2017). Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad en la formación para la investigación en ingeniería. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 179-197. <https://bit.ly/3P3I5Zb>
- Hernández-Millán, G. y López-Villa, N. M. (2011). Predecir, Observar, Explicar e Indagar: Estrategias Efectivas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Educación Química*, (9), 4-12.
- Jara-Holliday, O. (2015). La sistematización de experiencias produce un conocimiento crítico, dialógico, transformador. *Revista Docencia*, (55), 33-39.
- Krueger, R. (1998). *Analyzing and Reporting Focus Group Results*. SAGE Publications, Inc.
- Lamer, J. (2015). Project-Based Learning vs. Problem-Based Learning vs. X-BL. *Edutopía*. <https://edut.to/3sjkvi8>
- Martí, J., Heydrich, M., Rojas, M. y Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21.
- Moore, D. (2013). For Interns, Experience Isn't Always the Best Teacher. *The Chronicle of Higher Education*. <https://bit.ly/3ODwLBv>
- Morentin, M. (2010). *Los museos interactivos de ciencias como recurso didáctico en la formación inicial del profesorado de Educación Primaria* [Tesis de doctorado, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea]. ehuBiblioteka. <https://bit.ly/3YF3pqU>
- Observatorio IFE del Tecnológico de Monterrey. (2015). *Aprendizaje basado en retos*. <https://bit.ly/44cp7UI>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022, 2 de marzo). *La OMS publica una nueva norma para hacer frente a la creciente amenaza de la pérdida de audición*. <https://bit.ly/3OCwezL>

- Pacheco-Vargas, G. y Losada-Prado, S. (2015). Efecto del ruido del tráfico vehicular en cantos de *Hylophilus flavipes* y *Cyclarhis gujanensis*. *Revista Ciencia en Desarrollo*, 6(2), 177-183.
- Pedersoli, C. (2003). *Los museos interactivos de ciencias como mediadores en la construcción del conocimiento* [Tesina presentada para obtener el título de Licenciada en Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de la Plata]. Sedici. <https://bit.ly/44fh0Gv>
- Pinzón, N., Correa, F., Gallor-Beleño, O. y Arenas, D. (2021). Sonoridades prehispánicas de la cultura Tumaco, aproximación al uso de tecnologías tridimensionales y sonoras en el material arqueológico. *Arqueología y Patrimonio*, 1(1), 45-62. <https://bit.ly/44cPpG1>
- Proantioquia, F. (2018). *Estado de la Educación en Antioquia*. <https://bit.ly/45d9Dks>
- Real Academia Española. (s.f.). Disciplina. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 27 de marzo de 2023, de <https://bit.ly/3shIZIy>
- Rivera-Gutiérrez, H. (2016). El ruido urbano y su impacto en la comunicación acústica de las aves. En J. Botero-Orrego y S. Chaparro-Herrera. (Eds). *Guía Sonora de las Aves del Refugio de Vida Silvestre Alto de San Miguel* (pp. 57-62). Medellín: Alcaldía de Medellín y Sociedad Antioqueña de Ornitología. <https://bit.ly/3OHjQyu>
- Rodríguez-Casals, C. (2016). *El problema de la contaminación acústica en nuestras ciudades: Evaluación de la actitud que presenta la población juvenil de grandes núcleos urbanos: El caso de Zaragoza* [Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza]. Zaguán. <https://bit.ly/45FyY6p>
- Rojas Amorocho, A. (2011). *Mediadores-Educadores en los Museos: Los Guías del Museo Interactivo de Ciencia y Tecnología Maloka de Bogotá 2008-2010* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <https://bit.ly/3P1p9tN>
- Sánchez, M. (2013). La Relación Museo-Escuela: tres décadas de investigación educativa. En Aguirre, C. (Ed). *El Museo y la Escuela: Conversaciones de Complemento* (11-22). Sello Explora-Parque Explora.
- Sánchez-Gómez, S. (2007). Efectos de la contaminación acústica sobre la salud. *Revista de Salud Ambiental*, 7(2), 175-180.
- Savin-Baden, M. y Major, C. (2004). Foundations of Problem-based Learning. <https://bit.ly/3KlfeqH>
- Schafer, R. (1970). *When words sing* (R. Gainza, Trad). BMI CANADA LIMITED.
- Schafer, R. (1972). *El nuevo paisaje sonoro: un manual para el maestro de música moderna*. (J. Schultis, Trad). BMI CANADA LIMITED. (Trabajo original publicado en 1969).
- Serway, R. y Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (7.^a ed., vol 1). Cengage Learning Editores, S. A de C. V. <https://bit.ly/45DQlix>
- Shortland, M. (1987). No business like show business. *Nature*, 328, 213-214.
- Smitter, Y. (2006). Hacia una perspectiva sistemática de la educación no formal. *Revista de educación Laurus*, 12 (22), 241-256.

-
- Soto, C., Angulo, F. y Botero, N. (2013). Relaciones de complementariedad Museo-Escuela: una mirada desde cuatro instituciones museísticas de Medellín. En Aguirre, C. (Ed). *El Museo y la Escuela: Conversaciones de Complemento* (49-58). Sello Explora-Parque Explora.
- Swiden, C. (2013). *Efects of Challenge based learning on student motivation and achievement* [Tesis profesional, Montana State University]. ScholarWorks. <https://bit.ly/3qHzq51>
- Trilla, J. (1993). *La educación fuera de la escuela: ámbitos no formales y educación social* (1.^a ed.). Editorial Ariel, S. A. <https://bit.ly/47ELjcU>
- Torres-Carrillo, A. (2019). Sabemos más de lo que sabemos: La sistematización de experiencias educativas. En A. M. Ghiso. (Ed). *Sistematización de prácticas y experiencias educativas* (pp. 53-73).
- Unesco. 2008. *Reflexiones en torno a la evaluación de la calidad educativa en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: UNESCO. <https://bit.ly/3Mnwu58>
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25(5), 247-252.
- Wrightson, K. (2000). An Introduction to Acoustic Ecology. *Soundscape: The Journal of Acoustic Ecology*, 1(1), 10-13.

Anexos

Los siguientes anexos, corresponden al consentimiento informado, a las cartillas diseñadas como material didáctico para el proceso de implementación y a la rúbrica para analizar los niveles de integración; todos ellos en su formato original:

Anexo 1.

Consentimiento informado

Participación en el proyecto de investigación “La contaminación acústica: una propuesta interdisciplinar en un espacio de educación no formal”

La Universidad de Antioquia y la Corporación Parque Explora han celebrado un convenio que permite el desarrollo de Prácticas Pedagógicas de la Facultad de Educación en las instalaciones de dicho espacio. En el marco de este convenio, se invita a los estudiantes *que visitan el Parque en el primer semestre* del 2023 para que participen a través de las interacciones que se dan entre estudiantes, profesores y conocimiento disciplinar. Los datos que serán importantes para el análisis en la investigación son:

- Diálogos y diligenciamiento de materiales didácticos que se utilicen durante la visita y sean producidos por los participantes.
- Audios de socializaciones entre estudiantes.

Por lo anterior, solicitamos comedidamente su colaboración y respaldo autorizando el registro de esta investigación a través de los medios mencionados, con el fin de que posteriormente sea analizada en función de los objetivos del proyecto.

No	Nombre	Doc. Identidad
1		
2		
3		
4		
5		

Anexo 2. Cartilla 1



ENCUENTRA LAS RESPUESTAS A LAS PISTAS INTERACTUANDO CON LAS EXPERIENCIAS DE LA SALA Y CONVERSANDO CON LOS MEDIADORES.



Distribución geográfica del verderón rastrojero

En contexto

Los efectos del ruido urbano están cambiando las condiciones de vida en el planeta: los habitantes de algunas ciudades han observado la disminución en el número de aves cantoras. El verderón rastrojero (*Hylophilos flavipes*), por ejemplo, es tipo de pájaro que habita los ecosistemas sur y centroamericanos. En Colombia se veía con frecuencia en el Valle del Magdalena.

Las aves de esta especie están abandonando las ciudades para reservar sus hábitats solo a los lejanos bosques, lejos de los sonidos de los humanos. Están modificando sus cantos y sus comportamientos son impredecibles.

Pista uno



*En discos y tubos la música está,
la cara de un perro parece alegrar;
atento él escucha, se pone a ladrar,
imita los timbres, parece cantar.*

¿Cuáles de estos aparatos para la reproducción musical conocen? (puedes escribir o dibujar en el rectángulo)

En contexto



Imagen de macrovector en Freepik

Cada época ha tenido distintas tecnologías. Estos aparatos, por ejemplo, fueron populares desde finales del Siglo XIX: cajas para ampliar el sonido, discos de vinilo, cintas magnéticas, lectores láser y almacenamiento en la red hacen que no necesitemos ir hasta una sala de conciertos para escuchar a nuestros artistas favoritos.

Pero las mismas tecnologías pueden generar un fuerte impacto en la naturaleza: nuevas máquinas emiten ruidos y sonidos fuertes que pueden causar daño al oído humano y de otras especies.

A · -	J · - - -	S · · ·
B - · · ·	K - · -	T -
C - · · ·	L · · ·	U · · -
D - · ·	M - -	V · · · -
E ·	N · ·	W · - -
F · · · ·	O - - -	X - · - -
G - · ·	P · · · ·	Y - · - -
H · · · ·	Q - · - -	Z - · · ·
I · ·	R · · ·	

Pista dos

Con ayuda del alfabeto, traduce el mensaje oculto y dirígete al experimento que te indica la frase descubierta.

· · ·	- - -	- ·	· ·	- · ·	- - -
-------	-------	-----	-----	-------	-------

- · - -

· -	- - ·	· · -	· -
-----	-------	-------	-----

--	--	--	--	--	--

--

--	--	--	--

Juega y responde:

A partir de lo que escuchan y observan en este experimento, ¿cómo definirían el sonido?



En contexto

Cuando una fuente sonora (un tambor, la voz humana, un parlante...) genera una vibración que se transmite en forma de ondas de presión en el aire y es percibida por nuestro cerebro por medio del oído, sentimos el sonido.

La frecuencia de estas ondas (número de veces que vibra en un segundo) hace que sintamos el sonido grave o agudo, mientras que la amplitud determina su volumen.

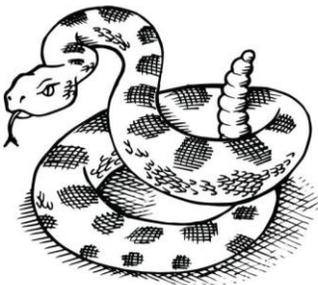


Imagen de getty images

Las serpientes son excelentes receptoras de vibraciones que viajan a través del suelo.

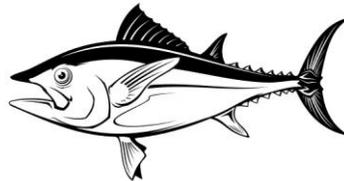


Imagen de getty images

Los peces perciben las vibraciones del agua para escapar de depredadores o moverse sincrónicamente y formar cardúmenes.



Imagen de getty images

Perros, gatos, humanos, y otros mamíferos terrestres, así como las aves perciben el sonido a través del aire.

En presencia de grandes ríos, desembocaduras y manglares, los sonidos producidos por nuestros instrumentos son distintos a los construidos en la llanura o en una ciudad contemporánea. El ser humano es un transformador de los sonidos del mundo.



Imagen de macrovector en Freepik

Pista tres

Diríjense al lugar donde los caciques cantan sus hazañas. El cacique de esta comunidad exhibe una ventana con los instrumentos musicales de los antiguos pueblos.

Y ustedes ¿Qué sonidos escuchan a diario?

En contexto

Las aves también se comunican por medio de sonidos. Sus cantos, y sus tonos dependen de las condiciones acústicas del lugar que habitan: lugares ruidosos deben generar sonidos más enérgicos (tonos más agudos) aunque deban ser más cortos para ahorrar energía ¡cantar agota!

La contaminación acústica afecta a las aves cantoras: el exceso de ruido daña sus capacidades de comunicarse con otras aves y encontrar pareja, detectar depredadores y buscar alimento.



Imagen de dibujos.net

¿Qué sonidos relacionan con esta fotografía?



Crédito: Omar Portela

¿Qué responsabilidades debemos tener en cuenta cuando desarrollamos tecnologías que pueden modificar el paisaje sonoro de un ecosistema?

¿Qué soluciones proponen para mejorar las condiciones sonoras de tu colegio? ¿de tu barrio? ¿de tu ciudad?

Anexo 3. Cartilla 2

La Lira Soberbia y el susurro de la contaminación acústica

ENCUENTRA LAS RESPUESTAS A LAS PISTAS INTERACTUANDO CON LAS EXPERIENCIAS DE LA SALA Y CONVERSANDO CON LOS MEDIADORES.



En contexto



Créditos: Diana Aristizábal

*La lira soberbia (*Menura novaehollandiae*) es un ave que habita los bosques de Victoria y Queensland (Australia). Puede llegar a medir hasta 1 m de longitud y se le considera como una de las especies con mayor capacidad de imitación de voces y sonidos.*

Imagínense que en este momento se encuentran en una ciudad (Sala Música), la cual se compone de diferentes espacios (experiencias).

Pista uno

Diríjense a la zona donde el toque de tambores y platillos, luces y baile son la mezcla perfecta para conformar una banda.

¿Qué pasa con nuestro cuerpo cuando entramos en contacto con los sonidos musicales que alcanzamos a percibir?

Si la lira soberbia se ubicara cerca del sonido de bares y discotecas a alto volumen, ¿qué tipo de comportamientos podría presentar?

En contexto



Créditos: Mario Díaz et. al

Quando estamos expuestos a altos niveles de ruido o vibraciones que alteran las condiciones normales del ambiente, nos hallamos en medio de contaminación acústica. Esta problemática puede afectar a las aves porque no les facilita la comunicación, ya que el ruido opaca sus cantos y no pueden ser oídas por otras de su especie, lo cual les dificulta la reproducción.

Pista dos

Descubran la frase oculta con ayuda del alfabeto de símbolos que se indica a continuación, y diríjense a la experiencia que describe:

△	2	□	◇	→	5	☺	+	3	⬡	☾	⊗	⊗	☀
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
≡	↑	↷	↓	▭	1	6	○	8	0	♥	9	☁	
Ñ	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	

☾	△	▭	△	↑	☾	→

Muchas personas utilizan la música para hacer dedicatorias. ¿Qué tipo de mensajes se pueden transmitir a través de esa práctica?



Las aves también transmiten mensajes a través de sonidos (cantos). Esto les permite encontrar alimentos, identificar sus crías, hallar pareja y anunciar peligros. ¿Cómo podría afectar la contaminación acústica a la lira soberbia sabiendo que es un ave experta en la imitación?



Si pudieran ver la contaminación acústica, ¿cómo la representarían?



En contexto

Créditos: Difadi.com

La contaminación acústica puede proceder de fuentes tales como el tránsito vehicular, el tráfico aéreo, las obras de construcción, las discotecas y bares, entre otros.

La intensidad del sonido se mide en decibelios (dB) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda no superar los 65 dB para no generar afectaciones medio ambientales.

Pista tres

Busquen en Sala Música la experiencia que les permite sentir el sonido en la piel, interactúen con ella y respondan:

A partir de la experiencia en esta interacción, ¿cómo definirían el sonido?

¿Cómo consideran que perciben los sonidos las personas sordas? ¿O no pueden hacerlo?

En contexto**Cualidades del sonido¹⁰**

En el sonido podemos distinguir tres cualidades que son:

- **La intensidad:** Es la que nos permite diferenciar un sonido fuerte de uno débil.
- **El tono:** Es el que nos permite distinguir un sonido bajo o grave de un sonido alto o agudo.
- **El timbre:** Este nos permite distinguir sonidos de igual intensidad y tono producidos por distintos instrumentos.

¹⁰ Silva, S. (2014). Las Ondas y el Sonido. <https://sites.google.com/site/fisicade3erano/el-sonido>

Anexo 4. Cartilla 3

Ecosistema y sonidos



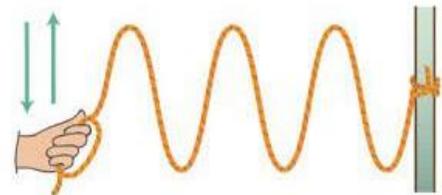
ENCUENTRA LAS RESPUESTAS A LAS PISTAS INTERACTUANDO CON LAS EXPERIENCIAS DE LA SALA Y CONVERSANDO CON LOS MEDIADORES



Créditos: Juan M. Varela

En contexto

Al golpear una cuerda tensa, la energía que cedemos a ella produce una vibración de las partículas que la componen. A estas formas de vibración las llamamos “ondas”. Si parte de esta energía se transmite al aire, y el aire se agita, podemos percibirlos como sonido, los mismos que se encuentran en el ambiente producido por aves, máquinas o la voz humana.



Pista uno

*Acá estoy yo, de pie te espero
el silencio rompo con mis hilos de acero.
Vibración de partículas en el aire genero,
sonidos percibes cuando el silencio quiebro.*

Interactúa con este módulo y responde:

Según el comportamiento de la cuerda cuando se agita ¿cómo representarían el sonido en el aire?

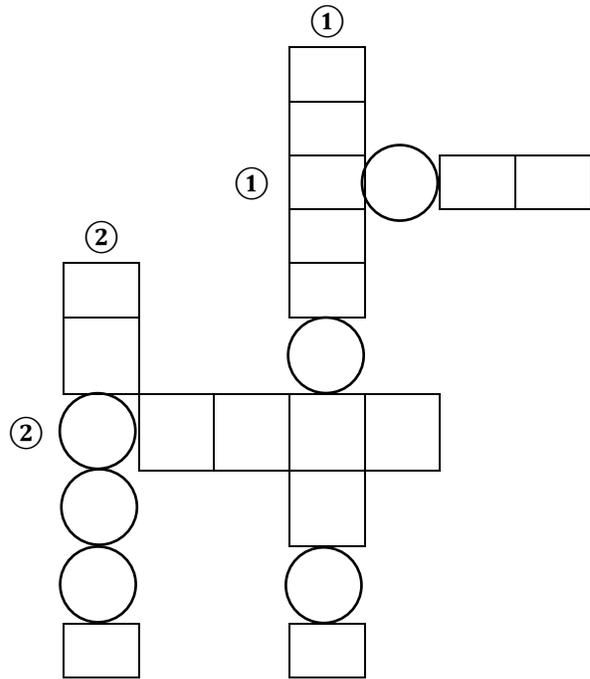
Soluciona el siguiente crucigrama:

Pistas Verticales

1. Cualidad del sonido que permite distinguir entre fuertes y suaves.
2. Propiedad del sonido que permite diferenciar las fuentes sonoras: distinguir la voz de las personas, el sonido propio de una máquina o el de un instrumento musical.

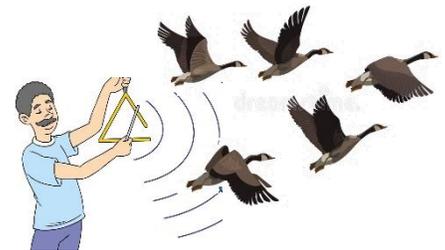
Pistas horizontales

1. Propiedad relacionada con la frecuencia sonora (número de vibraciones que suceden en 1 segundo). Es la cualidad del sonido que permite distinguir entre graves (frecuencias pequeñas) y agudos (frecuencias grandes).
2. Todo sonido requiere un _____ para viajar o propagarse.



En contexto

Ante sonidos que notamos agradables, como la música, nuestro cuerpo reacciona con el *baile*. Cada cultura construye instrumentos y sonidos de acuerdo con los materiales que tiene a su alrededor y los sonidos de su *paisaje sonoro*. Para animales como las aves, las danzas y producción de sonidos ordenados sirven para encontrar pareja, anunciar peligros o marcar territorios.

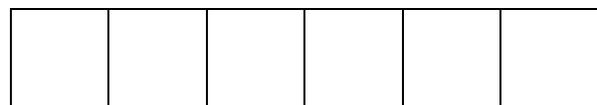


Créditos: María Rodríguez

Cuando los sonidos se perciben como desordenados y molestos reciben el nombre de *ruido*, y escucharlos constantemente tiene efectos negativos sobre la salud física y psicológica; así como en la estabilidad de los ecosistemas: el ruido obliga a animales a cambiar las formas de comunicación o a desplazarse a lugares con mejores condiciones sonoras.

Pista dos

Con ayuda de las letras señaladas en círculos en el crucigrama construido, descifra la palabra de dos sílabas oculta y busca el módulo interactivo donde puedas disfrutar y aprender con tu equipo.



¿Qué tipo de mensajes creen que se puede expresar con la música?

¿Qué creen que ocurriría si los humanos desplazan los sonidos propios de la naturaleza, e introducen los sonidos de sus máquinas y fábricas?

En contexto



Créditos: Freepik

Muchas cosas vibran en la naturaleza. Si vibra cerca de unas 20 veces por segundo (20 Hz) hasta unas 20.000 veces por segundo (20.000 Hz) el cerebro humano, por medio del oído, lo percibe como sonido. Los perros perciben sonidos por encima de las 40.000 veces por segundo (sonidos muy agudos), mientras que elefantes y serpientes captan ondas que viajan por el suelo pocas veces por segundo (sonidos graves).

Algunos materiales, además de emitir sonidos, son excelentes para absorberlos. Por ejemplo, sentimos un mayor sonido en una casa desocupada que en una llena de muebles. La madera propia de los árboles en los bosques, debido a su porosidad, son excelentes para absorber sonidos estruendosos que se producen en las ciudades cercanas y de máquinas o fábricas. Cuidar del sonido es, también, cuidar de la naturaleza.

Pista tres

*Con la materia todo vibra,
en la naturaleza Todo Suena,
allá entre los cristales, entre metales
y maderas.*

*El cerebro que siempre trabaja,
interpreta la información,
reacciona y crea el sonido
ante cambios de presión.*

¿Qué tipos de sonidos escuchan a diario? ¿Cuáles de ellos son agradables y cuales son molestos?

¿Qué tipo de sonidos asocian a la siguiente imagen?



Crédito: Omar Portela

¿Qué proponen para mejorar la condición de ruido en la escuela, el barrio y la ciudad?

Anexo 5. Rúbrica para analizar niveles de integración

Categorías	Interdisciplinar	Multidisciplinar	Monodisciplinar
Nivel de integración	Se enfoca en las interacciones y enlaces entre al menos dos disciplinas, vinculando cuestiones que no son específicas para una disciplina en particular.	Las disciplinas se yuxtaponen fomentando un conocimiento, información y métodos más amplios. Sin embargo, las disciplinas permanecen separadas y sus elementos conservan su identidad original.	Predomina una disciplina. Se establecen relaciones entre diferentes enfoques dentro de la disciplina para llegar a nuevos puntos de articulación.
Contextualización	Se evidencia el planteamiento de una problemática donde se incorporan elementos de las disciplinas integradas. Afrontar la problemática es viable en el contexto escolar, contribuye a la solución de una situación real y tiene sentido y utilidad para los estudiantes.	El tema propuesto evoca otras disciplinas sin necesidad de ver relaciones entre ellas. En ocasiones emergen elementos o situaciones del mundo real.	La propuesta no trasciende del aula, carece de sentido y utilidad. Tampoco aporta soluciones a problemáticas reales.
Desarrollo de la clase	El desarrollo de la clase está centrado en establecer puntos de contacto en al menos dos disciplinas, a partir de la lógica interna de cada una. Se fomenta una integración de conocimientos y habilidades de manera orgánica, desde las disciplinas integradas y para resolver la problemática en al menos 3 semanas. Los análisis durante el proceso escolar obligan a un trabajo conjunto y cooperativo entre los estudiantes.	Se evocan o emplean otras disciplinas para el beneficio de un área en específico. Aunque busca trascender el conocimiento disciplinar, no sale de este marco. En ocasiones se puede evocar un trabajo conjunto entre los estudiantes, pero no se fomenta la cooperación. Las experiencias tienen una duración aproximada de una semana.	El desarrollo de la clase se centra en resolver un desafío a partir de una sola disciplina y se presentan limitaciones a la hora de resolver problemas complejos. Se tiende a un trabajo individual. Las experiencias se desarrollan habitualmente en un solo encuentro.
Resultados	Se soluciona un problema a partir de la participación de diferentes disciplinas relacionadas entre sí. Se evidencia el aporte de cada disciplina y cómo todas se enriquecen en el proceso.	Se trabajan conceptos de varias disciplinas simultáneamente, pero no se evidencian relaciones explícitas o puntos de contacto entre ellas en los resultados de aprendizaje.	Se limita a trabajar una sola disciplina sin evidenciarse relaciones implícitas o explícitas con otras.
Evaluación	Se evalúa de manera iterativa el proceso desarrollado para resolver la problemática y el tránsito entre los diferentes puntos de contacto en las disciplinas (a través de diferentes áreas del currículo escolar). La valoración se enfoca en la solución del problema de manera general.	Se evalúa el uso de distintas disciplinas para dar solución a asuntos concretos. La evaluación no se da de forma iterativa y se limita a un área específica del currículo escolar.	Se evalúa el uso de una sola disciplina para la solución de asuntos concretos y descontextualizados.

