


# **Performance Musical a partir de la Sonificación de Señales eléctricas Generadas por Plantas de Cannabis**

Autora: Lina Alejandra González Ramírez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título  
de: Tecnóloga en Informática Musical

Asesor: Óscar Alejandro Cardoso Guzmán

Instituto Tecnológico Metropolitano -  
ITM Facultad de Artes y Humanidades  
Departamento de Artes y Humanidades  
Medellín, Colombia  
2023


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## RESUMEN

La humanidad vive a un ritmo cada vez más acelerado, lo que implica que no pueda detenerse a pensar y a reflexionar respecto al grado de afectación de sus acciones en la salud del planeta.

Este trabajo de investigación-creación pretende, a través de la relación arte-tecnología, desarrollar un mecanismo de comunicación simbólica basado en datos obtenidos a partir de la conductividad eléctrica en plantas de Cannabis. Se procesan las señales a través de un amplificador operacional, para luego, producir y modular audios que sirven de soporte para la creación y reproducción de una pieza musical en tiempo real mediante softwares especializados. Se busca generar impacto emocional en los espectadores a partir de un acto performático musical que integra procesos de sonificación con plantas de Cannabis, lo que a su vez tiene como alcance contribuir a la reconciliación de las personas con el medio ambiente.

*Palabras clave:* sonificación, plantas de Cannabis, conductividad vegetal, música electrónica.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


## RECONOCIMIENTOS

Agradezco a cada una de las personas que invirtieron parte de su tiempo en escucharme y ayudarme en cada una de las etapas de este proyecto, a quienes con atención intentaron comprender cada una de mis explicaciones, a mi mamá por apoyarme siempre y permitirme transitar en esta tierra, a mis compañeros que tanto me enseñan. A todos los profesionales presentes en la institución que me acompañaron a lo largo de mi formación y desarrollo de esta propuesta, y a los que aun sin ser mis docentes dedicaron su tiempo y conocimiento para alimentar mis ideas; a cada uno de los semilleros de investigación que aportaron en mi proceso.

A mis asesores, Santiago García Martínez quien fue parte esencial para aterrizar la construcción del anteproyecto y a Óscar Alejandro Cardoso Guzmán por cada una de las asesorías, facilidades y conocimientos que me brindó para concretar este trabajo, a los dos mil gracias por su tiempo e interés.

Dedico este proyecto a las plantas y seres vivos que habitan conmigo en este mundo y que a través del lenguaje no convencional me enseñan y muestran todo lo que podemos lograr.

¡Gracias Madre Tierra por cuidarnos, alimentarnos y mostrarnos el arte que somos!

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


## ACRÓNIMOS

**MIDI** (*Musical Instrument Digital Interface*) interfaz digital de instrumentos musicales.

**DAW** (*Digital Audio Workstation*) estación para la producción de audio digital.


**AD** (*Analog to Digital*) se refiere al proceso de conversión de una señal analógica hacia un código digital.

**BPM** (*Beats Per Minute*) pulsos por minuto.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## Tabla de contenido

RESUMEN	2
RECONOCIMIENTOS	3
ACRÓNIMOS	4
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	10
MARCO TEÓRICO	11
La Sonificación de Datos como método de creación artística	13
Música Experimental y expresión humana más allá del solo entretenimiento	16
Plantas de Cannabis, inspiración y conocimiento	19
Lenguaje de Emociones el principal mecanismo para recibir información	20
METODOLOGÍA	26
Métodos y Técnicas de Investigación	27
Desarrollo Metodológico	28
RESULTADOS	38
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	45
REFERENCIAS	46

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## Lista de Ilustraciones

---

Ilustración 1. Simulación del circuito amplificador de voltaje	29
Ilustración 2. Señal de prueba amplificada por el circuito	30
Ilustración 3. Señal de la planta de Cannabis amplificada por el circuito	30
Ilustración 4. LoopMIDI	33
Ilustración 5. Hairless MIDI	33
Ilustración 6. Circuito conectado a la planta de Cannabis	34
Ilustración 7. Configuración de la pista MIDI en Ableton Live	35
Ilustración 8. Creación del ritmo y sonidos usados para el performance	36
Ilustración 9. Información recibida desde la planta	41
Ilustración 10. Lectura de información en el monitor serial del IDE Arduino	42
Ilustración 11. Performance desarrollado	42

## Lista de Tablas


---

Tabla 1. Componentes de la simulación del circuito amplificador de voltaje	29
Tabla 2. Primer registro de información de las plantas	39
Tabla 3. Segundo registro de información de las plantas	39
Tabla 4. Tercer registro de información de las plantas	40
Tabla 5. Cuarto registro de información de las plantas	40
Tabla 6. Quinto registro de información de las plantas	41

## Lista de Ecuaciones

---

Ecuación 1. Expresión de cálculo del voltaje a partir de la lectura en Arduino IDE	31
Ecuación 2. Voltaje máximo a partir de la lectura en Arduino IDE	31

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## INTRODUCCIÓN


Desde su nacimiento, el planeta tierra ha sido sometido a innumerables transformaciones, nuestra existencia como especie es relativamente reciente en comparación con la de otros seres. Las formas convencionales de comunicación no facilitan establecer un mecanismo de transferencia de información concreta con otros seres vivos como las plantas. Además de las formas verbales, existen formas de comunicación basadas en las emociones, de las cuales, no se investiga con el mismo rigor que como se hace con las tradicionalmente aceptadas por la comunidad científica, llegando incluso a convertirse en tabú.

En este trabajo se experimentó con la tecnología como medio de captura de señales eléctricas producidas por plantas de Cannabis. Se implementaron sensores, circuitos eléctricos y microcontroladores conectados a un computador, lo que permitió registrar datos para posteriormente, usarlos en la creación de una obra artística.

Se usó la tecnología para propósitos de interacción, mediada por el artista, para experimentar acerca de las posibles formas de comunicación con las plantas. Esta investigación sirvió como sustento para un proceso de creación artística en la cual, como autora, utilicé mis capacidades para la producción de música y mis habilidades para el uso de la tecnología, adquiridas durante mi formación en el programa de Tecnología en Informática Musical.

Para el desarrollo del presente proyecto, se partió de la base que: la comunicación entre humanos y plantas se encuentra enmarcada en un ámbito simbólico, poco estudiado y muchas veces estigmatizado, pero que, en la actualidad se sabe que los seres vivos no necesitan de un sistema nervioso complejo para sentir e interactuar con su entorno. Se ha estudiado y determinado que las plantas cuentan con un sistema de comunicación efectivo entre ellas. Toda la información adquirida podría llegar a arrojar resultados con algún tipo de patrón que pueda brindar información importante para el estudio de las plantas de Cannabis.

Investigaciones de este tipo se empezaron a desarrollar alrededor del año 2005 con el trabajo de Mileece Abson, una ecologista dedicada a combinar la tecnología y el arte para impactar a las personas, desarrollando espacios interactivos con plantas, sensores y sonificación de datos. Mileece es de suma importancia para este proyecto al abrir paso al desarrollo de tecnologías dedicadas a captar y traducir en música la información proveniente de las plantas. También, es fuente de inspiración para la creación artística que se realizó, por su lucha a favor de la vida, el medio ambiente y la relación humana con este.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

### Contexto del Proyecto:

Las plantas están en el planeta tierra millones de años antes que el hombre. Estos organismos vivos producen señales eléctricas que han sido poco estudiadas. como se indica en la revista *The New Phytologist* “Las señales eléctricas en las plantas se conocen desde hace más de 100 años, pero los científicos siguen buscando una función.” (Davies, 2004). En el pasado, se han contado historias sobre personas que aseguran usar y entender a las plantas como seres capaces de comunicar mensajes, esto ha generado que la comunidad en general denomine a estas personas como brujos, chamanes, hechiceros, curanderos, entre otros, lo que puede depender de la época, localización geográfica, nivel educativo, aspectos culturales y estigmatización por género. Hay libros que mencionan estos temas, como el de las “Enseñanzas de Don Juan” de Carlos Castañeda, en donde el autor narra una historia en la cual, bajo la guía de un brujo, empieza el camino para convertirse en “hombre de conocimiento” usando las plantas para este propósito.


En la época actual, el avance de la tecnología ha facilitado el acceso a la información desde diversas fuentes, lo que puede apalancar el propósito de generar una metodología para captar información directamente desde las plantas y utilizar las emociones como medio de reinterpretación a través del arte.

La tecnología ha permitido capturar y procesar información con fines musicales, como ejemplo, existen en la actualidad innumerables proyectos que implementan sensores y microcontroladores tipo *Arduino* para la creación de instrumentos MIDI a partir de fuentes no convencionales, en trabajos como los de: López Laín, Sergio (2013). Controlador MIDI basado en Arduino. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.U.I.T. Telecomunicación (UPM) [antigua denominación], Madrid. González Santana, Román (2018). Controlador MIDI basado en sensores de ultrasonidos. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. y Sistemas de Telecomunicación (UPM), Madrid. El uso de estas tecnologías se ha orientado más recientemente a la medición de la conductividad eléctrica, la cual se sabe está presente en los organismos vivos, habilitándolos como fuentes de datos que pueden ser empleados en procesos de creación artística.


Este tipo de proyectos constituyen un nicho de interés para los artistas y para aquellas personas habidas de explorar nuevas formas de creación, siendo la tecnología un mediador importante para transmitir un mensaje con sentido y lograr impacto social. ¿Acaso no es el arte el medio de transformación más valioso que existe? De no ser así, ¡vivo una vida equivocada!

El presente documento se desarrolla de la siguiente forma: el marco teórico permite que el lector conozca las bases conceptuales del proyecto, partiendo de referentes como Mileece



 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Abson y Tobías Wagner, quienes han desarrollado proyectos tecnológicos similares; se continúa con la explicación de términos y conceptos como la sonificación de datos, música experimental, plantas de cannabis y lenguaje de emociones. En la sección de metodología, se explican los métodos de investigación que se usaron y se describen las etapas en las que se dividió el proyecto; se continúa con los resultados y su análisis, donde se presenta información significativa producto del ejercicio de investigación-creación con las plantas. Por último, se establecen las conclusiones del proyecto a partir de los objetivos propuestos y se mencionan algunos alcances a manera de trabajo futuro.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


# OBJETIVOS

## Objetivo general

Desarrollar un acto de comunicación simbólica a través de la música, inspirado en la sonificación de datos recolectados a partir de señales eléctricas de una planta de Cannabis.

## Objetivos específicos

- Sonificar señales a partir de variaciones en la conductividad eléctrica de una planta de Cannabis producto de estímulos táctiles sobre las hojas y el tallo.
- Analizar la señal eléctrica obtenida de la planta de Cannabis, estableciendo relaciones entre los datos y el tipo de estímulo que los ha generado.
- Componer una obra musical performática cuya intención sea la de transmitir un mensaje de reconciliación entre el ser humano y el medio ambiente, implementando como fuente de generación de audio las señales captadas desde la planta de Cannabis.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## MARCO TEÓRICO


La tecnología ha permitido el desarrollo de múltiples avances en actividades propias de la especie humana. Para este trabajo se tiene en cuenta diferentes estudios técnicos, tecnológicos y artísticos, enfocados en la creación de música con datos provenientes de plantas de Cannabis. Un enfoque característico de los proyectos referentes es el valor agregado que le dan al sentido de la protección y cuidado del medio ambiente y la relación que existe entre este y el ser humano a través del uso de la tecnología y la manipulación de datos digitales.

El principal referente para el desarrollo de este proyecto fue Mileece Abson, artista sonoro, profesional en economía ambiental quien ha dedicado gran parte de su vida a la construcción de un *hardware* y *software* para facilitar la interacción del humano con el medio ambiente, esto con el fin de que las personas podamos reflexionar sobre el gran daño que hacemos al planeta. En 2005, después de muchos años de dedicación y gestión, la artista muestra su primera sonificación proveniente de la información eléctrica de las plantas.

Las bio-emisiones son las corrientes que provienen de los organismos vivos. La forma en que estas pueden ser aprovechadas se describe a continuación: se incorpora un electrodo en una planta, este puede ser utilizado para conducir la corriente que sale de la hoja; se utiliza un amplificador y un conversor AD para aprovechar el voltaje y convertirlo en una señal digital. Posteriormente, un software procesa los datos para convertirlos en audio y finalmente reproducirlos como sonidos. El sonido no es sampleado, sino generado; es, en cierta manera, música electrónica orgánica (Abson, 2014, min 2:35)<sup>1</sup>.

Por otra parte, el trabajo realizado por Tobías Wagner o “Felbyfy”, como se hace llamar en redes sociales, está más enfocado a la tecnología: replica un modelo de Arduino publicado en el blog de Sam Cusumano, quien comparte el modelo de creación del dispositivo y el código usado, esto para captar la señal eléctrica de las plantas con el fin de vincularlas a un sintetizador y crear música electrónica “más ambiental”, explica él en su proyecto presentado en 2021 a través de un video en YouTube:

<sup>1</sup> Traducción adaptada del traductor de YouTube

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Las plantas no tienen células nerviosas, pero pueden transmitir señales eléctricas a lo largo de los vasos conductores. Estas señales eléctricas no son muy fuertes, pero pueden ser captadas por los electrodos que conocemos gracias a la tecnología médica. Estas señales se envían a un generador de sonido, como un sintetizador. Este reproduce las señales en forma de notas (Felbify, 2021, min 2:05)<sup>2</sup>.


El trabajo de Felbify no tiene un enfoque completamente ambiental o con algún sentido diferente al de la experimentación, pero brinda información tecnológica de importancia para la realización de este proyecto. Es posible destacar el código que utilizó y la creación del dispositivo para captar la señal de las plantas, el cual no fue creación propia, como él mismo explica en su video en donde cita la fuente de donde obtuvo el código. En la búsqueda de información se logra encontrar varios perfiles en redes sociales con nombres y apodos del mismo artista, el más reciente hallazgo es su perfil de Instagram donde usa su nombre real. Hace pocos días publicó su nueva producción musical denominada Emili Ep. 2022

Adicional a los ya mencionados, se identifica un estudio de la Universidad de Duquesne - USA, en donde el profesor asistente de música Paul Miller desarrolla un proyecto de investigación que combina la tecnología, la música y las humanidades. Este tiene el mismo principio de los anteriores que consiste en captar la señal eléctrica de las plantas para sonificarla mediante un sintetizador. Menciona Miller en su trabajo que “Las plantas son eléctricamente muy activas, es una de las principales formas de comunicación entre sus diferentes órganos y, en ocasiones, entre diferentes plantas” (Miller, 2019, min 0:11)<sup>3</sup>. Una de las cosas a destacar en su proyecto es la gran importancia que le da a este tipo de interacciones entre humanos y plantas, indicando que esto realmente puede ayudarnos a identificar dónde estamos ubicados en el planeta.

Para dar contexto al valor simbólico de este proyecto, se toma en cuenta el estudio realizado por Mónica Gagliano, Michael Renton, Nili Duvdevani, Matthew Timmins, todos ellos profesionales en el campo de las ciencias relacionadas con la biología, las plantas, ecosistemas, la microscopía y neurobiología vegetal, en el cual, desarrollan una investigación acerca de la comunicación no verbal de las plantas y cómo esto se puede ver reflejado en la interacción de estas con el medio ambiente. Indican que estos mecanismos se basan en sustancias químicas, el contacto, la luz y otros métodos especulativos. Mencionan en su artículo que:

<sup>2</sup> Traducción adaptada del traductor de YouTube

<sup>3</sup> Traducción adaptada del traductor de YouTube

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

“La comunicación es omnipresente en la naturaleza y es posiblemente uno de los temas más estudiados en las ciencias del comportamiento”[...]“el fenómeno básico implica la transferencia de algún tipo de información de un individuo a otro”[...]“las plantas han demostrado ser organismos altamente sensibles que interactúan y se facilitan mutuamente adquiriendo activamente información de su entorno”[...]“ Nuestra hipótesis es que las plantas también emplean otras formas alternativas de comunicación, basadas en el sonido o las ondas magnéticas” (Gagliano et al, 2012, p.1)<sup>4</sup>.


Este tipo de información es de gran importancia en el proceso investigativo, artístico y sobre todo creativo, el cual está enfocado en sugerir un método de comunicación simbólica de mensajes con sentido.

### **La Sonificación de Datos como método de creación artística**

Uno de los conceptos de gran importancia en este proyecto, es la sonificación de datos, la cual es una práctica relativamente nueva en comparación con otras técnicas de procesamiento de datos. Para el desarrollo de este proyecto se tiene en cuenta varios estudios en torno a la sonificación y cómo en el transcurso del tiempo se han realizado investigaciones sobre este fenómeno en el marco de la interacción de los humanos a través del sonido.

Un estudio llamado “Sonificación de los datos generados por ATLAS” establece que la sonificación “es el uso del audio no hablado para representar información o perceptualizar datos.” (Díaz, 2011, p. 1). Cualquier tipo de información puede ser la base de una creación, ya está en manos del compositor elegir la información que desea representar como sonido. Esta técnica llama la atención de diferentes disciplinas, tal como lo indica el mismo estudio: “la sonificación es un campo de investigación cuyo estado del arte se mueve rápidamente y cada vez llama más la atención de científicos, ingenieros y grupos interdisciplinarios.” (Díaz, 2011, p. 2). Siendo de gran utilidad, no solo en el arte, sino en muchos campos dedicados a la investigación y procesamiento de datos.

<sup>4</sup> Traducción adaptada del traductor de YouTube

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

El avance tecnológico aumenta las posibilidades de creación y sonificación de datos: existe un estudio titulado *Una visión panorámica de la relación actual entre la organización de sonidos y las nuevas tecnologías*, en donde se realiza un análisis de las nuevas herramientas para la sonificación de datos, el avance que ha tenido la producción sonora y su uso interdisciplinar. En este contexto, entornos de programación como *MaxMSP* y *Pure Data* ofrecen potentes herramientas a los compositores y artistas sonoros para propósitos de interactividad y procesamiento de audio en tiempo real; de igual forma, han permitido a programadores e ingenieros acercarse a la composición y a la experimentación sonora y musical (Piñero, 2017, p. 1)


En el artículo de Stephen Roddy, *Using Conceptual Metaphors to Represent Temporal Context in Time Series Data Sonification*, se establece de qué manera es posible aplicar la teoría de la metáfora conceptual al problema de representar el contexto temporal en la sonificación de datos de series temporales. El autor explica en su estudio que: “La sonificación es una visualización auditiva profunda en la que los datos se convierten en sonido con el fin de representar la fuente de datos original y/o darles un significado” (Roddy S, 2019, p555)<sup>5</sup>.

Durante la última década se han desarrollado investigaciones que demuestran el crecimiento de la sonificación en el ámbito científico, la representación auditiva ha sido considerada como una técnica significativa para la interpretación de datos. En el artículo de Bart Lutters and Peter J. Koehler *Brainwaves in concert: the 20th century sonification of the electroencephalogram*, se discute sobre la relación que existe entre la ciencia y el arte; el artículo centra su estudio en los efectos producidos por el sonido en procesos fisiológicos, las representaciones e interacciones con el electroencefalograma y la relación entre neurofisiología y música experimental, concluyendo lo siguiente:

A pesar de los crecientes esfuerzos por establecer la sonificación como disciplina científica, la legitimidad del sonido como medio para representar datos científicos sigue siendo discutida. En consecuencia, la comunidad de la sonificación ha sido testigo de los crecientes intentos de afinar los límites entre la sonificación científica y la artística. Sin embargo, hay quienes sostienen que estos esfuerzos de demarcación son una injusticia para los activos que los compositores y músicos podrían aportar a este campo (Lutters, Koehler, 2016, p. 2813)<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Traducción adaptada de Deepl traductor

<sup>6</sup> Traducción adaptada de Deepl traductor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La sonificación es una técnica joven e innovadora que integra muchas disciplinas, entre estas la psicoacústica, la cual es de suma importancia ya que juega un papel decisivo en la fase de diseño y evaluación, al momento de transmitir sonidos, emociones y experiencias a las personas con las creaciones hechas a partir de la sonificación de datos. Se menciona en el artículo PAMPAS: *A PsychoAcoustical Method for the Perceptual Analysis of multidimensional Sonification*:

La investigación sobre la sonificación es interdisciplinaria por naturaleza, ya que se ocupa de la acústica y el procesamiento de señales de audio, el diseño y la composición de sonido, la interacción hombre-máquina, la cognición y los factores humanos, la percepción auditiva y muchas más disciplinas (Ziemer, Schultheis, 2022, p.2)<sup>7</sup>.


Es importante tener presente ciertos aspectos de la psicoacústica en este proyecto, para la sonificación y también para la presentación de la creación artística performática.

El sonido tiene una estrecha relación con lo visual, un estudio realizado por Woohun Joo denominado *Graphic-to-Sound Sonification for Visual and Auditory Communication Design*, es un experimento donde se realizan varias muestras del efecto bouba/kiki a diferentes grupos de personas. Este consiste en la percepción que tienen las personas al escuchar ciertos sonidos que pueden ser para ellos “redondos” o “puntiagudos”. El objetivo de este estudio es diseñar plataformas audiovisuales basadas en la sonificación que convierten las formas visuales elementales en sonidos, y examinar si las personas pueden percibir fácilmente la relación entre ellas (Joo, 2022, p. 1)<sup>8</sup>.

Para el presente proyecto de investigación-creación, es de suma importancia la conexión que se genera entre el sonido y lo visual, ya que ambos trabajan en conjunto para dar un mensaje más concreto. El uso de la sonificación para unificar, o por lo menos estrechar esa relación, es de gran utilidad, al ser posible plasmar en sonido la información de imágenes y crear experiencias sensoriales.

<sup>7</sup> Traducción adaptada de Deepl traductor

<sup>8</sup> Traducción adaptada de Deepl traductor

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La sonificación viene tomando fuerza como tema de interés tanto para los artistas, como para los profesionales de otras disciplinas. Se ha utilizado la sonificación en proyectos de investigación en múltiples áreas de conocimiento, implementando diferentes bases de datos, logrando resultados conceptuales, perceptuales y estéticos para el oyente. El presente proyecto asume esto como una oportunidad, debido a que su autora ha decidido trabajar con plantas de Cannabis como principal fuente de datos.

se elige la planta de cannabis ya que ha sido cultivada por mi hace varios años y más adelante en este marco teórico se habla de bases científicas por las cuales la plata tiene una estrecha relación con los humanos.

### **Música Experimental y expresión humana más allá del solo entretenimiento**


Estamos iniciando una era en donde la tecnología y las formas de percibir el entorno se encuentran en una intersección que propende por un cambio significativo en el desarrollo del ser humano y la vida en general, por lo tanto, es importante retomar el trabajo de algunos compositores que han dedicado gran parte de su tiempo a construir y documentar el proceso evolutivo de la música experimental y/o concreta, que, no sólo busca producir creaciones sonoras, sino también invitar a la reflexionar respecto al papel que cumplen el arte y particularmente la música como formas de expresión humana.

La música concreta es la música del sonido y se interesa esencialmente por intervenirlo permanentemente. Privilegia el sonido en su estado más puro y primigenio. Su concepción está basada en una construcción directa y material sobre el sonido que ha sido registrado, fijado y memorizado en un soporte. Se compone sin pasar por notaciones gramaticales, al nivel del mismo sonido, sin importar que el origen de este sea instrumental, acústico, sintético, objetual o ambiental. Esta música parte de las posibilidades del sonido fijado en un soporte y es una música que no se define exclusivamente por las fuentes sonoras, sino por la naturaleza misma de la sonificación. El compositor es autor y responsable de la totalidad de las características morfológicas y cualidades sensibles de los sonidos que él mismo crea, procesa y fábrica. La música concreta, o lo que es igual, su heredera histórica la música acusmática, es entonces una música de sonidos fijados y de imágenes sonoras proyectadas (Bejarano, 2007, p. 5).

No es poco común el hecho de experimentar con diversas formas de producir ondas sonoras que interactúan con los sentidos. Daniel Valera estudia a varios autores del siglo XXI y su importancia en el desarrollo de la música experimental y concreta:

Mucha agua ha corrido bajo el puente a inicios del siglo XXI, pero más allá de los



	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

relativismos propios de nuestro tiempo, si bien parecen obsoletas las discusiones en torno a la razón de ser de las vanguardias en el arte, lo cierto es que se continúan creando todo tipo de propuestas sonoras basadas en el enajenamiento de los convencionalismos, quizá la idea de convencionalismo resultante enmarcada en el tiempo y en una determinación cultural, pero lo concreto es que continúan gestándose formas de creación sonora reacias a clasificación, comercialización y domesticación al modo de sumarse a las comodidades de nuestra era. Después de todo, tal como ya lo dijera el compositor norteamericano LaMonte Young hace ya más de cuarenta años “el propósito de esto no es entretener” (Valera, 2005, p. 38).

Entre estos autores se menciona el trabajo de Cornelius Cardew, compositor vanguardista inglés, quien desde la década de 1960 empezó a desarrollar composiciones experimentales, fue profesor de música y participó en bandas de música experimental, es uno de los compositores referentes en este siglo y hay un gran número de artículos y libros que lo referencian. El pianista John Tilbury en su artículo para la revista *contact: A Journal for Contemporary Music*, comenta:


Las interpretaciones de Cardew, en particular de la música de Morton Feldman, constituyen a todos los efectos mi primer recuerdo duradero de él como artista. Esos sonidos flotantes, sin fuente, que tocaba con un sentido infalible del tiempo un arte tan convincente como poco convencional, evocaban una respuesta emocional como ninguna otra había experimentado al escuchar música (Tilbury, 1983, p. 4).

Los compositores contemporáneos no solamente están dispuestos a experimentar con el sonido en sus variadas formas, sino también con lo que este expresa, lo que puede hacer sentir y cómo esto genera un impacto en quien lo escucha.

Otro autor que debe mencionarse es John Cage, quien ha sido uno de los más destacados compositores de música experimental y que no solo es reconocido por sus obras, sino por todo el proceso personal, social y cultural de sus creaciones, también por integrar varias disciplinas en torno al arte:

Su búsqueda de la raíz del asunto le llevó más allá de los límites de lo convencional en todas sus obras musicales, escritas y visuales. La consiguiente ampliación de la definición de arte con su concomitante énfasis en la innovación y la invención le granjeó la reputación de ser uno de los artistas contemporáneos más influyentes de Estados Unidos (Retallack, 2012, summary).

El arte conceptual es de suma importancia en la música contemporánea, ya que muchos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

compositores llegaron a hacerse preguntas tales como ¿por qué? y ¿para qué? Compose un compositor.


Se busca destacar la importancia de crear música en nuestros tiempos, donde la información se genera y degenera a gran velocidad y puede llegar a ser de gran influencia cultural y social. En el presente siglo la música ya no es un privilegio de pocos y no necesariamente está hecha para entretener. Aparecen otros autores que se han interesado por estudiar la música de su entorno y la influencia de esta en la vida cotidiana, además de dar paso a muchos nuevos artistas interesados por estas formas de composición y relación con el entorno.

Por su parte, la doctora Ewa Schreiber del instituto de musicología UAM en su artículo “Muzyka i metafóra: Koncepcje kompozytorskie Pierre'a Schaeffera, Raymonda Murraya Schafera i Gérarda Griseya” menciona a tres grandes compositores: Pierre Schaeffer, Raymond Murray Schafer y Gérard Grisey quienes son de gran importancia en este contexto de música experimental.

Los cambios en el desarrollo de la tecnología han introducido elementos completamente nuevos en la música de la segunda mitad del siglo XX. En sus obras, cada uno de estos tres compositores intenta incorporar estas nuevas posibilidades de registro y transformación del sonido. Al hacerlo, evitan la reflexión especulativa, se centran más bien en el estudio directo del sonido. Destacan el carácter interdisciplinar de su trabajo, así como la necesidad de ampliar los conocimientos y buscar un nuevo vocabulario para describir la música. Como resultado de su pensamiento y creatividad, cada uno de estos artistas ha cambiado significativamente la manera de pensar la música, su forma, su funcionamiento y su manera de interacción con el oyente.

El análisis de sus textos muestra que las reflexiones de cada compositor se centran en una metáfora, a saber, el objeto sonoro (Schaeffer), el paisaje sonoro (Schafer) y el organismo sonoro (Grisey). La metáfora del objeto favorece la concentración en un solo sonido y el análisis de sus características. Las metáforas del paisaje sonoro y el organismo permiten describir un sonido en el contexto del espacio y el tiempo (Schreiber, 2012, p. 2).

Sería posible nombrar a muchos otros autores que han sido de gran influencia en la experimentación de las nuevas músicas y cómo estos sonidos interactúan con el entorno y el oyente. En la música contemporánea, aunque se busca dar un sentido más allá del entretenimiento a las creaciones artísticas, se tiene muy en cuenta el sentido del minimalismo y la improvisación libre. Aquí podemos mencionar compositores como La Monte Thornton Young y Derek Bailey, quienes han dedicado su vida no solo a la expresión artística, sino también a la investigación a través de la música experimental; de igual manera

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

a Francisco López, quien además de ser músico es biólogo e integra sus conocimientos para llevar a cabo sus creaciones e investigaciones. como lo mencionan en un artículo de la página del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía de Madrid.

Manipulando grabaciones naturales, este biólogo-músico ha desarrollado a lo largo de estas décadas los fundamentos de lo que denomina “música concreta absoluta”, una aproximación a la materia sonora que parte de la naturaleza para recrear mundos paralelos y realidades virtuales de extraña belleza. (López, 2010)

### **Plantas de Cannabis, inspiración y conocimiento**

Para el desarrollo del presente estudio se decidió elegir una especie de planta en particular, a partir de la cual capturar los datos a sonificar. Debido a sus características y muy especiales cualidades, se realizó el trabajo de campo sobre plantas de Cannabis.


Las plantas son seres que llevan poblando el planeta tierra mucho más tiempo que el hombre, atravesando por innumerables procesos adaptativos durante su evolución. La especie humana ha usado plantas con fines rituales, medicinales, nutricionales, recreativos, ornamentales, sociales, entre muchos otros. Las plantas han tenido innumerables connotaciones a lo largo de la historia, llegando incluso a catalogarse algunas especies como ilegales en algunos momentos.

El Cannabis o marihuana, como es conocida en algunas regiones, es una planta que ha sido estigmatizada por sus propiedades psicoactivas. Sin embargo, se reconoce su uso desde los inicios de las civilizaciones, tal como lo describe el Doctor Alfredo Covarrubias en su artículo “Utilidad de la Cannabis sp. en medicina: Una perspectiva basada en la historia”:

A través de la historia de la humanidad se encuentran diversos ejemplos de la utilización de remedios herbales con fines espirituales y/o medicinales. En este sentido, los remedios obtenidos de la planta de Cannabis no son la excepción, estimándose que su uso con estos fines tiene más de 5000 años de antigüedad (Covarrubias, 2011, p. 2).

A pesar de sus cualidades como planta medicinal y sus usos textiles y alimenticios, el Cannabis ha sido considerado durante la historia reciente como una droga, indicando que su uso puede llegar a ser peligroso, esto limitó que sus propiedades medicinales fueran tenidas en cuenta para el desarrollo de tratamientos. Sin embargo, el término droga tiene una connotación tan antigua como el hombre.

Históricamente, las inquietudes y los temores típicos de la humanidad han exigido

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

respuestas o explicaciones difíciles. En este sentido, las drogas han desempeñado en algunos momentos la función de mediadoras entre una pregunta y una respuesta. Desde un punto de vista cultural, la droga ha estado presente en muchos aspectos importantes de la vida y de la sociedad; ha sido utilizada con propósitos distintos: acercarse a Dios, observar el cosmos desde fuera, integrarse en un colectivo, mostrar un estatus social, huir de tensiones y aliviar el dolor, entre otras intenciones (Molina, 2008, p. 96).

Es importante mencionar que, gracias a varios estudios en torno al Cannabis y los efectos que produce en el cuerpo, hoy en día sabemos que muchas especies animales cuentan con un sistema de receptores específicos para los compuestos de esta planta, logrando establecer su importancia para la medicina.


Estudios realizados durante las últimas décadas han demostrado la existencia de un sistema cannabinoide endógeno o endocannabinoide, que constituye el substrato morfofuncional sobre el que actúa la marihuana vegetal en el organismo humano. Este sistema formado por sustancias endógenas y receptores acoplados a mecanismos intracelulares está vinculado con diversos procesos fisiológicos y patológicos como los fenómenos de adicción y tolerancia a la Cannabis Sativa (Maimó, 2005, p. 1).

Esta planta contiene además de muchas propiedades, una historia de cruces y genéticas amplia que ha logrado llegar a diferentes partes del mundo, siendo los cruces entre estas un importante nicho de investigación en la actualidad, donde se busca aumentar o reducir ciertas características en cuanto a su uso y consumo.

### **Lenguaje de Emociones el principal mecanismo para recibir información**

La comunicación en los seres vivos no es exclusivamente fonética, la comunicación no verbal es propia de la naturaleza. En un estudio realizado en Chile por el biólogo Humberto Maturana, donde el tema principal es el lenguaje y las emociones, se describe lo siguiente:

Las emociones no son lo que corrientemente llamamos sentimientos. Desde el punto de vista biológico lo que connotamos cuando hablamos de emociones son disposiciones corporales dinámicas que definen los distintos dominios de acción en que nos movemos. Cuando uno cambia de emoción, cambia de dominio de acción. En verdad, todos sabemos esto en la praxis de la vida cotidiana, pero lo negamos, porque insistimos en que lo que define nuestras conductas como humanas es su ser racional (Maturana, 2021, p. 7).

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Las emociones y el lenguaje están estrechamente relacionados, pero ¿cuál define al otro?, en la psicología se ha estudiado durante años la relación que existe entre estos:

Por lo general, suele considerarse que las emociones corresponden a experiencias corporales naturales que luego se expresan a través del lenguaje, y ese lenguaje, a su vez, suele calificarse como irracional y subjetivo. Es decir, primero sentimos en el cuerpo lo que más tarde sale por nuestras bocas en forma de un discurso que en cierto modo se opone a la razón. De las emociones también se dice que se gestan en el inconsciente y no en la voluntad, que son más espontáneas que artificiales; más “sentidas” que “pensadas” (Simone, 2009. p. 16).

Las acciones del ser humano están estrechamente ligadas a las emociones, aunque en el transcurso de la historia se le haya atribuido la capacidad de acción a la razón, hay diversos estudios que tratan sobre la inteligencia emocional y la importancia que tiene para el desarrollo del individuo y de la sociedad. Un estudio realizado en Perú sobre inteligencia emocional, titulado “Inteligencia emocional: El lenguaje de más valor en el mundo de hoy”, expresa que:


Actualmente, es vista como la doctrina que aglutina la importancia de lo que guarda la mente humana para poder realizar de manera coherente las acciones propias del ser humano en el entorno del que forma parte y por encima de la inteligencia intelectual a la que sólo interesaba la razón y que siempre se creyó como eje esencial interno (Recuenco, 2020, p. 1).

El ser humano percibe el mundo que lo rodea a través de los órganos de los sentidos, los cuales se encargan de recibir la información proveniente del exterior y, junto con el sistema nervioso, asimilan, procesan y almacenan esta información para crear la realidad que percibimos:

Los sentidos son receptores especializados con diseño propio que pueden detectar las condiciones y cambios ambientales: son los órganos de cada organismo en el primer nivel de percepción ambiental, el canal de entrada de información del sistema nervioso central (Torres, 2019, p.10).

Estos órganos especializados para percibir el medio que los rodea son el principal mecanismo para el lenguaje:

“El estímulo es cualquier tipo de energía en los órganos sensoriales, ya sea eléctrica, mecánica o radiante, convertirán la energía estimulante en potenciales de acción

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

para el sistema del lenguaje ordinario” (Torres, 2019, p.10).

Es necesario tener esto en cuenta al momento de buscar transmitir mensajes específicos como el del presente trabajo.


El lenguaje, las expresiones, las reacciones y comportamientos del ser humano y los animales han sido objeto de estudio de una gran cantidad de biólogos, antropólogos, psicólogos, filósofos, entre muchos otros profesionales de diferentes disciplinas a lo largo de la historia. Darwin estudió las emociones y expresiones y cómo estas tienen características similares en humanos y animales determinando sus respuestas a los estímulos externos, y como la anatomía tiene la función de dar expresión a cada una de las emociones sentidas por el cuerpo. Cita en su obra que, “Los movimientos expresivos se manifiestan, sobre todo, en los numerosos músculos movibles de la faz; por un lado, porque los nervios que les ponen en movimiento nacen lo más cerca posible del órgano del pensamiento y, en segundo lugar, porque estos músculos están anexionados a los órganos de los sentidos” (Darwin, 1873, p. 12).

Darwin resalta lo difícil que es llegar a definir las expresiones y cómo estas se encuentran relacionadas con la fisiología, las costumbres, las emociones, creencias, entre otras, teniendo en cuenta factores como el espíritu y cómo evolutivamente estos factores podrían determinar la expresión humana y animal.

Darwin no fue el único en estudiar las emociones y la expresión. El filósofo Aristóteles, en su escrito “Del Sentido y lo Sensible de la Memoria y el Recuerdo”, habla de la vida sensitiva y de las impresiones que esta deja en la memoria; también habla de conceptos como el alma y de cómo esta está estrechamente relacionada con las sensaciones. En el primer capítulo comenta:

Las características más importantes de los animales sean comunes o peculiares, son evidentemente las que pertenecen al alma y al cuerpo, tales como la sensación, la memoria, la pasión, el deseo y el apetito en general, y junto a ellas, el placer y la pena; estas cosas, en efecto, pertenecen a la gran mayoría de los seres vivos (Aristóteles, 1962, p. 16).

En el estudio de temas como la expresión y la anatomía cabe destacar a Carlos Bell, quien desde muy joven mostró su interés por el dibujo, dedicándose a la anatomía humana y animal, uniendo la anatomía y el arte para crear obras como “Anatomía y filosofía de la expresión”. Bell, además de su interés divulgativo médico y científico, habla del profundo impacto que la anatomía y las expresiones tienen en la pintura, la escultura y el arte en general.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Se cita a Bell en el artículo “Cuerpos Emotivos: Un debate sobre la naturaleza y la función de la expresión emocional” realizado por María Paula Sabogal Serrano:

Entonces, señala Bell, la única autoridad que debían reconocer los artistas, era la de la naturaleza. Conocer a fondo cómo era la naturaleza de la expresión, cómo se relacionaban los músculos y los huesos, cómo se producían los gestos y cómo se gestaban los movimientos que expresaban una u otra emoción, era importante para que la obra del artista tuviera la riqueza suficiente que exigía una estética fiel a la naturaleza del cuerpo humano (Sabogal, 2014, p. 25).


El lenguaje y la expresión están ligados a muchos factores internos y externos del cuerpo y a la relación que tienen estos entre sí, por eso podemos hablar de términos como la sinestesia, descrita en el artículo “Un extraño fenómeno perceptivo: la sinestesia” por Rafael Redondo Barba licenciado en filosofía y ciencia:

Un criterio generalizado considera a la sinestesia como un cúmulo de asociaciones de diferente y diversa naturaleza perceptual, un enlace asociativo entre varias zonas sensoriales, unidas como si las impresiones de una pasaran a la otra, unificación persistente de sensaciones de distinto origen que cuestiona de modo radical la posibilidad de un conocimiento “objetivo” (Redondo, 1991, p. 13).

La sinestesia ha tomado gran importancia en el arte, ya que se habla de la capacidad de “ver lo que se escucha” o “saborear lo que se huele”. Los artistas deben integrar estos conocimientos con su creación y más aún cuando se quiere incitar a una reacción, emoción o conocimiento en específico aprovechando las formas en que los órganos de los sentidos captan y relacionan esta información.

Aunque el estudio del lenguaje en la especie humana es un tema muy explorado, no se invierten los mismos recursos ni se le da la misma importancia a la investigación de las formas de interacción y comunicación entre seres vivos de diferentes clasificaciones biológicas. El presente trabajo busca incitar al estudio de las posibilidades de interacción entre hombres y plantas a partir del lenguaje de las emociones con ayuda de la tecnología.

Cabe destacar que el lenguaje es esencial para la construcción del conocimiento “El conocimiento en términos generales es una actividad puramente humana, que abarca un conjunto de elementos, y una variedad de formas, es de gran complejidad y se torna esencial para el buen funcionamiento de gran parte de los procesos mentales” (Correa, 2012, p. 125). En la actualidad los filósofos y profesores interesados por la educación han incluido nuevas disciplinas como la neurociencia indicando que:

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

De acuerdo con los importantes resultados que se vienen dando desde las neurociencias, y del análisis filosófico, sensación y percepción constituyen, junto con la toma de decisiones, el control motor, la memoria, el lenguaje y las emociones, la base para la construcción del conocimiento (Correa, 2012, p. 124).

El ser humano tiene la capacidad de percibir su entorno de múltiples maneras, lo que condiciona sus formas de interacción con otros seres vivos que cohabitan el mismo lugar. En cuanto a la evolución en conjunto del planeta, describe Harvey Richard Schiffman en su libro “Sensación y Percepción” que:

Estamos rodeados de un mundo de objetos y sucesos y sin esfuerzo consciente manifiesto, sentimos su presencia. De hecho, parece ser tan natural y requerir tan poco esfuerzo tener conciencia del ambiente, que uno tiende a tomar por sentadas las sensaciones y la percepción (Schiffman, 2004, p. 15).


Para la evolución de la especie humana será importante crear y alimentar el estado de conciencia de aquello que la rodea, lo que le permitirá aprovechar su entorno y cuidarlo de la mejor manera en concordancia con la vida.

En el marco del desarrollo del presente proyecto, es necesario mencionar a algunos referentes que abordan el tema de la espiritualidad que existe naturalmente en la vida y aún más en el arte, y de cómo los artistas y compositores tienen una gran responsabilidad con sus obras.


En el libro “De lo Espiritual en el Arte” escrito por Vasili Kandinski, se presentan apartados que explican el camino espiritual de un artista y cómo según su época y herramientas presentes puede verse influenciado. Aborda también el tema del despertar que se vive en el proceso creativo, de cómo se ve aún afectado por el materialismo y cómo es necesario desligar conocimientos primitivos para dar cabida a lo espiritual e interno del artista.

“Cualquier creación artística es hija de su tiempo y, la mayoría de las veces, madre de nuestros propios sentimientos.” [...] “El arte nuevo y las formas de etapas pasadas son radicalmente diferentes. El primero es externo y, por lo tanto, no tiene porvenir. El segundo es espiritual y por eso lleva en sí la semilla del futuro.” [...] “El artista tiene una vida compleja, sutil, y la obra surgida de él originará necesariamente, en el público capaz de sentir las emociones tan matizadas que nuestras palabras no las podrán manifestar.” [...] “Todas estas formas de ser auténticamente artísticas cumplen una finalidad y son (también en el primer caso) alimento espiritual, y especialmente en el caso tercero, en el que el espectador encuentra una relación con su alma.” [...] “Iluminar las profundidades del



 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

corazón humano es la misión del artista, dice Schumann. El artista es un hombre que lo sabe dibujar y pintar todo, dice Tolstoi." [...] "La vida espiritual, en la que también se halla el arte y de la que el arte es uno de sus más fuertes agentes, es un movimiento complejo pero determinado, traducible a términos simples, que conduce hacia adelante y hacia arriba. Este movimiento es el del conocimiento" (Kandinski, 1989, p. 5, 6, 7, 8).


	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto, se eligió una metodología mixta de tipo experimental: primero, se realizó un análisis cuantitativo de los valores de voltaje entregados por la planta de Cannabis, a partir de los cuales se aplicó un mapeo implementando protocolo MIDI; segundo, se realizó un proceso de sonificación con la intención de, a partir de criterios eminentemente cualitativos, evocar emociones en la audiencia a través de un acto performático musical.

La metodología se dividió en cuatro etapas:

- Primera etapa: diseño y montaje del circuito eléctrico que amplifica la señal de las plantas de Cannabis.
- Segunda etapa: implementación del microcontrolador Arduino y del software Arduino IDE para la captura de señal y procesamiento de datos.
- Tercera etapa: trabajo experimental con diferentes especies de plantas, en diferentes entornos y con diferentes estímulos. Se analizan los datos generados para establecer relaciones de dependencia. Se mapea la información y se convierte a protocolo MIDI.
- Cuarta etapa: se aplican los conocimientos y las habilidades logradas durante la formación en la Tecnología en Informática Musical en temas como composición, armonía y producción de sonido. Se desarrolla el proceso creativo a través del diseño de un acto performático musical y se presenta el resultado artístico cuya intención es transmitir un mensaje que invite a las personas a la reflexión respecto a la importancia del cuidado del medio ambiente.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

### **Métodos y Técnicas de Investigación**

A continuación, se presenta un resumen que permite comprender los métodos de investigación y técnicas de recolección de información que soportan el presente estudio.

Para dar un soporte objetivo al desarrollo investigativo, es posible obtener datos que registren comportamientos o patrones mediados por la interacción del humano con la planta. En este caso se tendrá en cuenta el método cuantitativo.


Según Rubén López-Cano y Úrsula San Cristóbal Opazo, “Dentro de este ámbito de investigación, la captación de información se realiza de manera sumamente estructurada y sistemática, y sus resultados se basan la mayoría de las veces en el análisis estadístico para cuantificar algunos aspectos del fenómeno estudiado” (López-Cano y Opazo, 2014, p. 97).

Por su parte, la investigación cualitativa es flexible en cuanto al modo de conducir los estudios. Se siguen lineamientos orientadores, pero no reglas. Los métodos están al servicio del investigador; el investigador no está supeditado a un procedimiento o técnica. “los métodos cualitativos persiguen aprehender las cualidades de estos. Tienden a una epistemología afincada en la hermenéutica, la fenomenología y la interacción simbólica” (López-Cano y Opazo, 2014, p. 109).

“Los métodos cualitativos, pretenden comprender significados, cualidades de experiencia, mundos de sentido subjetivo e intersubjetivo. Algunas de sus técnicas son la observación, la entrevista, la historia de vida o los grupos de discusión” (López-Cano y Opazo, 2014, p. 85). Estos métodos no tienen como función garantizar la verdad, sino ser utilizados de forma creativa y dependiendo de cada situación, por ello, la diversidad de técnicas y estrategias que utilizan.

Se considera también el método hermenéutico para este trabajo, porque tiene en cuenta la interpretación de diferentes lenguajes. La primera característica de la actividad práctica, en la versión hermenéutica, es que tiene una perspectiva: desde un punto de vista puede parecer sensible, mientras que desde otro punto puede que no. Desde una perspectiva una acción tiene un significado, desde una perspectiva diferente tiene otro significado.

El estudio hermenéutico permite la construcción de significados desde la interpretación de la información donde el investigador navega entre las partes para lograr la mejor comprensión de éstas haciendo uso de lenguajes no convencionales.

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Asimismo, la investigación a través de la práctica artística, o la investigación artística propiamente, constituye un campo emergente de difícil definición. En general, aborda preguntas y problemas que no pueden ser atendidas en contextos carentes de un nivel de práctica artística alto o sin la participación de profesionales artísticos (López-Cano y Opazo, 2014, p.41).

### **Desarrollo Metodológico**


#### **Primera Etapa:**

Diseño y montaje del circuito eléctrico que amplifica la señal de las plantas de Cannabis.

Para aprovechar la señal eléctrica que produce la planta de Cannabis, fue necesario diseñar un circuito eléctrico que se encarga de amplificar las variaciones de voltaje generadas entre las hojas/tallo y la tierra.

El circuito está compuesto por un amplificador operacional LM324 y dos resistencias variables tipo *trimmer*; se conecta a una placa Arduino Uno, la cual es la encargada de recibir la señal analógica de voltaje para convertirla en digital. El prototipo del circuito se diseñó y simuló en el software Tinkercad; el esquemático se muestra en la Ilustración 1 y sus componentes en la Tabla 1, en este esquema se utiliza un amplificador operacional 741 ya que en el software no está el LM324, se elige este ya que cuenta con la misma estructura de entradas y salidas que el amplificador LM324 y permite simular el circuito.

Se decidió montar el circuito con este amplificador y resistencias variables debido a que la señal producida por las plantas es muy baja, esta fue la forma de aumentar el voltaje a tal punto de ser usado con el propósito de hacer música y poder diferenciar la señal del ruido.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

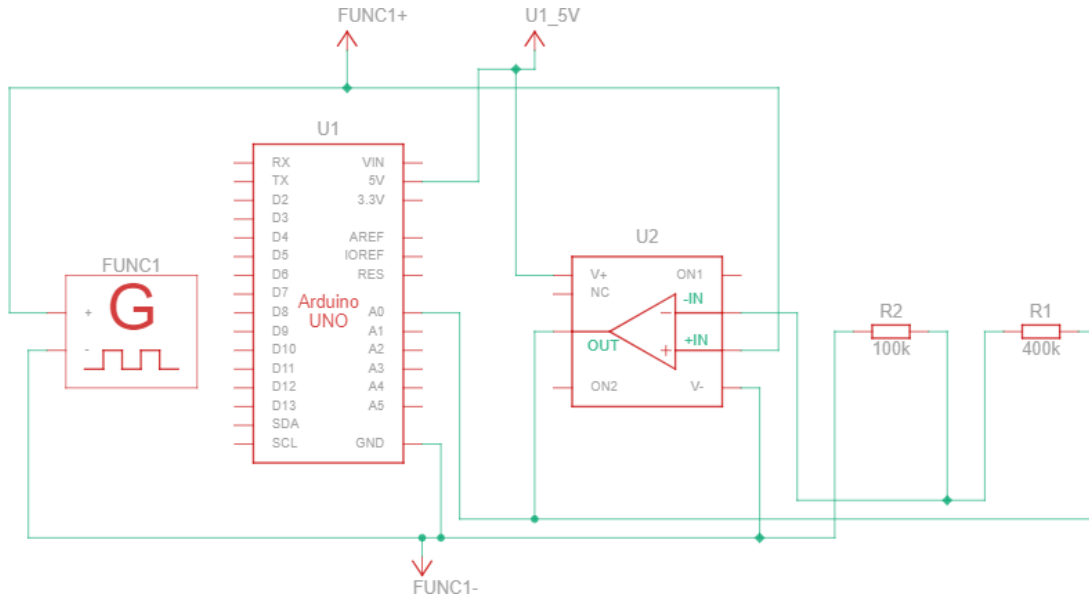



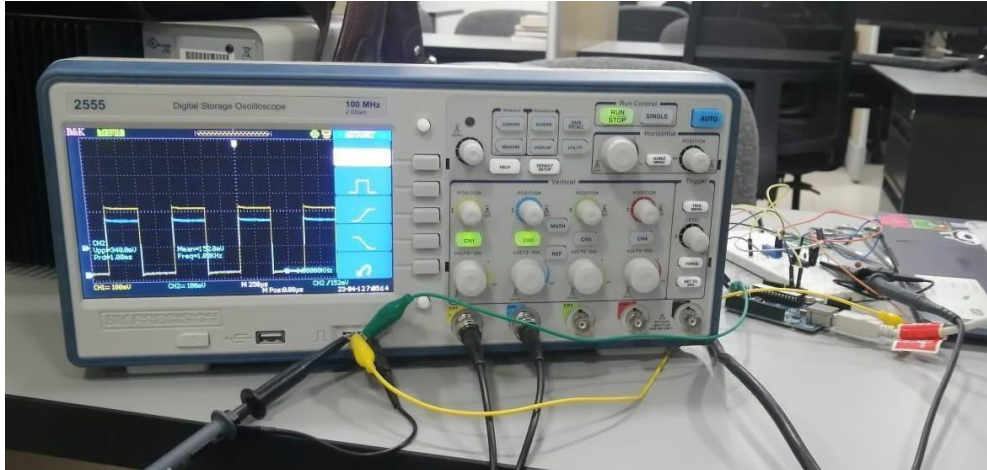
Ilustración 1. Esquemático del circuito amplificador de voltaje

Tabla 1. Componentes de la simulación del circuito amplificador de voltaje

Nombre	Cantidad	Componente
U1	1	Arduino Uno R3
U2	1	Amplificador operacional 741
FUNC1	1	1 _unidadhercio, 1.0467043435702788 _unidadVoltaje, -0.7054289544593964 _unidadVoltaje, Seno Generador de función
U3 U4	2	200 ms Osciloscopio
R1	1	400 k $\Omega$ Resistencia
R2	1	100 k $\Omega$ Resistencia

Una vez montado el circuito, se buscó el mayor valor de amplificación posible. Para esto, se procedió a calibrar las resistencias *tipo trimmer*, verificando la máxima ganancia de una señal de prueba tipo pulso con la ayuda de un osciloscopio buscando mantener una buena relación entre la señal y el ruido (ver Ilustración 2). Se establecieron los siguientes valores para las resistencias: 100 $\Omega$  para R1 y 1000 $\Omega$  para R2.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020




*Ilustración 2. Señal de prueba amplificada por el circuito*

El siguiente paso consistió en conectar la planta de Cannabis directamente al circuito: para esto, se usaron caimanes soldados con placas delgadas de aluminio, las cuales evitaron algún daño en las hojas o el tallo. Con ayuda del osciloscopio se observó el comportamiento de la señal obtenida. Para mantener un buen factor de ganancia, se identificó el valor de las resistencias en el cual se amplificaban en mayor medida las señales provenientes de las plantas en el osciloscopio. En una versión inicial del circuito se utilizaron filtros pasa bajos para minimizar el rizado el cual representaba ruido en alta frecuencia. Sin embargo, dado que el ruido presentaba una amplitud despreciable con respecto a la señal, se decidió omitir los filtros pasa bajos creados con resistencias y condensador (filtro RC)



*Ilustración 3. Señal de la planta de Cannabis amplificada por el circuito*

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL  TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

**Segunda etapa:**

Implementación del microcontrolador Arduino y del software Arduino IDE para la captura de señal y procesamiento de datos.

La implementación de la placa Arduino Uno en el presente proyecto representó las siguientes ventajas:

1. Alimentación del circuito de amplificación con un voltaje DC de 5 voltios.
2. Captura de voltajes análogos, conversión a digital y entrega al computador a través de un puerto USB.
3. Integración con el entorno de desarrollo Arduino IDE.

**Tercera etapa:**

Trabajo experimental con diferentes especies de plantas, en diferentes entornos y con diferentes estímulos. Se analizan los datos generados para establecer relaciones de dependencia. Se mapea la información y se convierte a protocolo MIDI.

Utilizando el monitor serial de Arduino IDE, logró establecerse que 755 era el número máximo que podía obtenerse como representación del voltaje a partir de la señal de la planta de Cannabis amplificada por el circuito. Tomando en cuenta que el voltaje de polarización era de 5 voltios y que la resolución del monitor serial en Arduino IDE es de 10 bits (1024 pasos lógicos), puede recalcularse el valor máximo en voltios de la siguiente manera:

$$V_{max} = \frac{V_{cc} * N_{max}}{Res_{max}}$$

*Ecuación 1. Expresión de cálculo del voltaje a partir de la lectura en Arduino IDE*

donde,

$V_{cc}$  = voltaje de polarización del circuito.


$N_{max}$  = lectura máxima en el monitor serial de Arduino IDE.

$Res_{max}$  = resolución máxima del monitor serial de Arduino IDE.

de tal forma que,

$$V_{max} = \frac{5V * 755}{1024} = 3,7V$$

*Ecuación 2. Voltaje máximo a partir de la lectura en Arduino IDE*

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La sonificación se fundamentó en el procesamiento de los voltajes captados desde la planta de Cannabis y su reinterpretación a manera de sonido, por lo cual fue fundamental emplear un protocolo de información como el MIDI.

Se procedió a escribir un programa en el Arduino IDE para mapear los valores numéricos que se mostraban en el monitor serial y luego convertirlos a protocolo MIDI, asignándolos como alturas tonales de notas musicales. Se presenta a continuación:

```
// Se establece el canal MIDI por el cual se transmitirá la información
const int midiChannel = 1;

// Se establece el MIDI velocity por defecto en 127
const int midiVelocity = 127;

// Se establece el MIDI note inicial en 0
int noteValue = 0;

// Se inicializa la comunicación serial a una velocidad de 9600 baudios
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  // Se lee el valor analógico del pin
  float valorAnalogico = analogRead(A0);


  // Se mapea el valor de voltaje a valor de MIDI note
  noteValue = map(valorAnalogico, 0, 755, 0, 127);

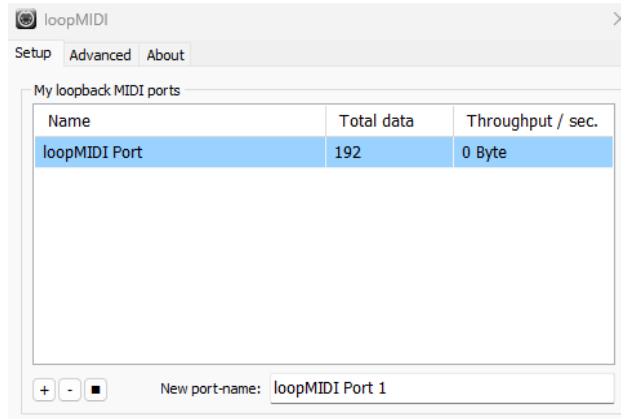
  // Se escribe el mensaje MIDI en el puerto serial
  Serial.write(0x90 | midiChannel);
  Serial.write(noteValue);
  Serial.write(midiVelocity);

  delay(100);
}
```

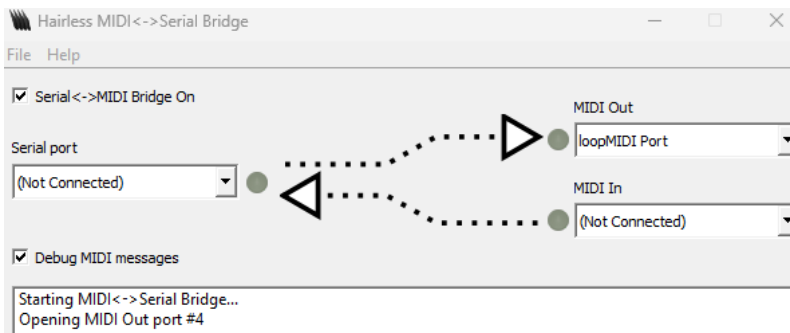
Para transmitir la información MIDI hacia el software de producción musical, se implementaron dos softwares adicionales: el primero, para la creación de un puerto virtual MIDI (loopMIDI); el segundo, para establecer la comunicación entre el puerto serial que ocupaba Arduino IDE y el puerto MIDI (Hairless MIDI).




	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



*Ilustración 4. LoopMIDI*



*Ilustración 5. Hairless MIDI*

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020




*Ilustración 6. Circuito conectado a la planta de Cannabis*

**Cuarta etapa:**

Se aplican los conocimientos y las habilidades logradas durante la formación en la Tecnología en Informática Musical en temas como composición, armonía y producción de sonido. Se desarrolla el proceso creativo a través del diseño de un acto performático musical y se presenta el resultado artístico cuya intención es generar emociones en las personas e invitarlos a la reflexión respecto a la importancia del cuidado del medio ambiente.

En esta parte se emplearon sistemas DAW para el procesamiento de datos: se genera audio mediante sintetizadores, esto se traduce como sonidos a partir de las señales obtenidas de las plantas de Cannabis. Es importante mencionar que, las plantas, como organismos vivos, están todo el tiempo emitiendo señales eléctricas que responden a la interacción con su entorno, entre otros, a estímulos externos como los humanos.

La etapa de exploración permitió al artista nutrirse de experiencias tipo estímulo-respuesta con las plantas de Cannabis y así consolidar una forma de comunicación mediada por las emociones y con un alto nivel simbólico. Desde allí, se realizó el proceso creativo de sonificación, denominado por Mileece Abson como sonificación estética. Se desarrolló una pieza musical para interpretar en vivo buscando evocar emociones en las personas,

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

transmitiendo un mensaje simbólico de comunicación no verbal.

Se empleó el DAW Ableton Live 10, allí se habilitó la entrada de información MIDI a través del puerto virtual creado previamente con el software LoopMIDI. Se incluyó un *track* MIDI en el cual es posible insertar *plug-ins* que se encargan de reproducir audio a partir de los datos de entrada.



*Ilustración 7. Configuración de la pista MIDI en Ableton Live*

Para la producción de la pieza musical, se definió la base rítmica a partir de muestras pregrabadas, nativas de Ableton Live. Se realizó la incorporación y parametrización de un teclado MIDI para acompañar con melodías. Se empleó la información proveniente de las plantas de Cannabis para producir sonidos a través del sintetizador de audio; dichos sonidos pueden ser controlados mediante la interacción con las plantas y/o modificados a partir de la configuración de parámetros del sintetizador, lo cual aporta elementos variables en la sonoridad e intencionalidad de la pieza musical.


	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020




Ilustración 8. Creación del ritmo y sonidos usados para el performance

Cuando se sonifican las señales capturadas a partir de las plantas de Cannabis, es posible identificar diferentes atributos, mayores en número y distintos en sus características, en comparación de cuando se observa la información en un monitor serial. El presente proyecto dedicó varias semanas a la experimentación con las plantas, observando su forma de respuesta al estímulo. Es necesario aclarar que, con la implementación de un amplificador mucho más elaborado y preciso, y más horas de análisis, podrían obtenerse datos que puedan llegar a ser significativos para propósitos científicos (calibración, trazabilidad, comparación, etc.). Sin embargo, dados los propósitos artísticos del presente proyecto, los datos obtenidos presentan características deseables y suficientes para su utilización. De igual manera, es importante mencionar que el uso de un mayor número de puertos en la tarjeta de adquisición permitiría integrar un mayor número de plantas en la composición musical.

Durante la investigación, se realizó la captura de imágenes y videos que contribuyeron a la generación de un performance artístico. Se aprovechó la plataforma de programas académicos con que cuenta la Facultad de Artes y Humanidades del ITM, mediante el apoyo de estudiantes del programa Artes Visuales (María Natalia Arredondo Ibarra) y Cine (Laura Úsuga Ramos). Se desarrolló un evento en vivo utilizando el material visual y sonoro concebido.

En mi rol como artista, desarrollé un *live performance* con una narrativa que pretende generar interés acerca de las formas no convencionales de interacción entre la especie humana y las plantas. Busqué propiciar una reivindicación en la relación entre el hombre y su entorno natural. Utilicé información captada a partir de las plantas, la cual sonifiqué y modulé para la producción de una pieza musical.

El *performance* está dividido en 5 partes, la inicial que está compuesta por una introducción donde se empiezan a presentar los diferentes sonidos estimulados por la generación de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


potencial eléctrico en la planta, para esta etapa se eligieron cinco sonidos nativos de Ableton live que fueron: Canadian Boards, Funk Saw Bass, Ambient Swells, Chimes and Bow, Sogawni Arp Split. Estos suenan de forma aleatoria ya que dependen de la señal que capta el sensor. Estos se eligieron, principalmente, teniendo en cuenta que los cambios auditivos fueran perceptibles para el oído humano. En esta etapa se proyectan imágenes referentes al nacimiento, la vida, crecer, lo natural; se pretende crear una sensación de crecimiento, tranquilidad y captar la atención del que escucha.

En la segunda etapa se incluye un ritmo creado con una batería nativa de Ableton: Wicked chillin. Se realizan tres bases rítmicas que acompañarán el *performance* en diferentes momentos, adicional se incluye un kick (Kick In The Room), el cual también hace parte de esta y otras etapas de la composición. La intención en esta segunda etapa es incluir un ritmo junto con los sonidos aleatorios inducidos por la planta. Con la batería se pretende dar dinámica a la composición, se inicia con 128 BPM. En esta etapa las proyecciones son sobre paisajes naturales y su fuerza, además de incluir escenarios con humanos, insectos y plantas.

En la tercera etapa se empieza a crear un ambiente más hostil al cambiar la base rítmica de la batería, tener un kick mucho más contundente, aumentando progresivamente el BPM hasta llegar a 155 BPM y teniendo en cuenta la mezcla de los sonidos aleatorios. También, es una etapa donde se estimula continuamente la planta de Cannabis para intentar generar más variaciones de voltaje. Se proyectan imágenes fuertes sobre fenómenos naturales y paisajes hostiles con la idea de evocar caos y destrucción.

En la cuarta etapa llega un silencio seguido de un acompañamiento con la kalimba interpretada por la artista. Se pretendía crear una melodía que evocara renacimiento, iniciación, esperanza; pero, en el acto performativo la artista decide improvisar. Las imágenes muestran renacer, cómo la vida y las plantas vuelven a surgir de los escombros, imágenes que iluminan.

La última etapa pretende generar sensaciones de tranquilidad, volver al inicio. Aquí se incluye nuevamente los sonidos aleatorios y la base rítmica de la batería, los cuales van desapareciendo poco a poco hasta finalizar el *performance*. Se muestran selvas llenas de vida, plantas creciendo y flores.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## RESULTADOS

Se diseñó e implementó un circuito electrónico el cual, mediante sensores conformados por placas de aluminio, puede conectarse directamente a las plantas vegetales sin generar daños en su estructura. La señal puede llevarse a un amplificador operacional que aumenta su voltaje para entregarla a la placa Arduino para su digitalización y aprovechamiento.


La implementación de softwares de uso libre facilitó la lectura, procesamiento y aprovechamiento de los datos captados a partir de las plantas vegetales.

Se identificó que existen diferencias entre las señales emitidas por las plantas de Cannabis y otras especies vegetales. Se destaca que las plantas de Cannabis presentan, de media, una mayor dinámica en la señal eléctrica generada. Esto puede verificarse al momento de convertir los voltajes en notas MIDI: las plantas de Cannabis generan mayores variaciones que se perciben finalmente como cambios más amplios en el tono de las notas musicales.

Existen dos tipos de medición de potenciales eléctricos en las plantas, el registro extracelular y el intracelular. En la práctica se usa más el tipo extracelular, ya que permite recolectar información por largos periodos de tiempo, sin embargo, el tipo intracelular es mucho más preciso con el potencial eléctrico que mide. En el artículo “Electrical signals and their physiological significance in plants” publicado en el 2007, su autor indica:

El registro intracelular tiene la ventaja de ser más preciso porque los potenciales de membrana y las señales eléctricas pueden deducirse de células específicas. Las mediciones extracelulares son bien conocidas por la electrofisiología animal y se basan en mediciones de la suma total de la actividad bioeléctrica en grandes grupos de células. (Fromm, 2007, pg. 249)

En este caso, lo que se obtiene de los sensores construidos para este proyecto de investigación-creación es la suma de diferentes potenciales eléctricos captados de forma extracelular en las plantas, e influenciado por el medio, el cual, no tenía un control específico al momento de tomar muestras. Se podría decir que las plantas se encontraban en su ambiente cotidiano, por lo tanto, la diferencia del impulso que se evidenció en la señal es representativo a nivel musical por el momento.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

La respuesta al estímulo cuando se interactúa con la planta no es inmediata, en ocasiones, no se perciben variaciones en el nivel de voltaje. Se recomienda que las ventanas de tiempo de interacción con la planta, en función de la obtención de resultados significativos, sean superiores a los quince (15) segundos.

### Ítems evaluados:

**Planta:** nombre asignado a cada una de las plantas

**Especia:** se refiere a su genética

**Momento:** hora del día donde se tomó el registro ya sea en la mañana, tarde o noche.

**Etapa:** es para mencionar si la planta está en etapa vegetativa o de floración.

**Distancia sensores:** cantidad de centímetros a los que se colocaron uno del otro cada sensor en la misma planta.

**Tiempo medido:** medida en minutos en el cual se tomó registro de los datos suministrados por los impulsos de la planta.

**Tipo de patrón:** hace referencia a las variaciones marcadas en los momentos de toma de muestras o si por el contrario no se presentan variaciones.


**Respuesta a estímulos:** cambios significativos de frecuencias al ser tocadas por un humano.

*Tabla 2. Primer registro de información de las plantas*

Fecha:	28 de abril de 2023						
PLANTA	ESPECIE	MOMENTO	ETAPA	DISTANCIA SENSORES	TIEMPO MEDIDO	TIPO DE PATRÓN	RESPUESTA A ESTÍMULOS
PUNTO ROJO	sativa	noche	vegetativa	53 cm	5 minutos	variable	si
SAMARIA	sativa	noche	vegetativa	45 cm	5 minutos	variable	si
AMNESIA	sativa	noche	floración	58 cm	5 minutos	alta	leve
GREEN CANDY	indica	noche	vegetativa	15 cm	5 minutos	variable	si
MAGNUM	sativa	noche	floración	56 cm	5 minutos	alta	si
CROKET	indica	noche	floración	47 cm	5 minutos	variable - alta	si

*Tabla 3. Segundo registro de información de las plantas*

Fecha:	06 de mayo de 2023
--------	--------------------

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>					Código	FDE 089
						Versión	04
						Fecha	24-02-2020

PLANTA	ESPECIE	MOMENTO	ETAPA	DISTANCIA SENSORES	TIEMPO MEDIDO	TIPO DE PATRÓN	RESPUESTA A ESTÍMULOS
PUNTO ROJO	sativa	mañana	vegetativa	62 cm	10 minutos	variable	si
SAMARIA	sativa	mañana	vegetativa	67 cm	10 minutos	variable	si
AMNESIA	sativa	mañana	floración	53 cm	10 minutos	variable	si
GREEN CANDY	indica	mañana	vegetativa	17 cm	10 minutos	variable - alta	si
MAGNUM	sativa	mañana	floración	46 cm	10 minutos	variable	si
CROKET	indica	mañana	floración	34 cm	10 minutos	variable - alta	si
LENGUA DE SUEGRA	Sanseveria	mañana	vegetativa	39 cm	10 minutos	alto	no
SÁBILA	suculenta	mañana	vegetativa	62 cm	10 minutos	alto	no


Tabla 4. Tercer registro de información de las plantas

Fecha:	14 de mayo de 2023						
PLANTA	ESPECIE	MOMENTO	ETAPA	DISTANCIA SENSORES	TIEMPO MEDIDO	TIPO DE PATRÓN	RESPUESTA A ESTÍMULOS
AMNESIA	sativa	tarde	floración	40 cm	10 minutos	variable - alta	si
GREEN CANDY	indica	tarde	vegetativa	18 cm	10 minutos	variable	si
CROKET	indica	tarde	floración	36 cm	10 minutos	variable	si

Tabla 5. Cuarto registro de información de las plantas

Fecha:	19 de mayo de 2023						
PLANTA	ESPECIE	MOMENTO	ETAPA	DISTANCIA SENSORES	TIEMPO MEDIDO	TIPO DE PATRÓN	RESPUESTA A ESTÍMULOS
PUNTO ROJO	sativa	noche	floración	68 cm	10 minutos	variable	si
SAMARIA	sativa	noche	floración	65 cm	10 minutos	variable - alta	si



 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>					Código	FDE 089
						Versión	04
						Fecha	24-02-2020

MAGNUM	sativa	noche	floración	48 cm	10 minutos	variable - alta	si
--------	--------	-------	-----------	-------	------------	-----------------	----

Tabla 6. Quinto registro de información de las plantas

Fecha:	27 de mayo de 2023						
PLANTA	ESPECIE	MOMENTO	ETAPA	DISTANCIA SENSORES	TIEMPO MEDIDO	TIPO DE PATRÓN	RESPUESTA A ESTÍMULOS
PUNTO ROJO	sativa	mañana	floración	63 cm	5 minutos	variable	si
SAMARIA	sativa	mañana	floración	61 cm	5 minutos	variable	si
GREEN CANDY	indica	mañana	floración	18 cm	5 minutos	variable	si
MAGNUM	sativa	mañana	floración	50 cm	5 minutos	variable - alta	si
CROKET	indica	mañana	floración	32 cm	5 minutos	variable - alta	si

Se decide realizar pruebas adicionales, en las cuales se explora con sonidos, tiempos y estímulos diferentes. Se presentan a continuación:

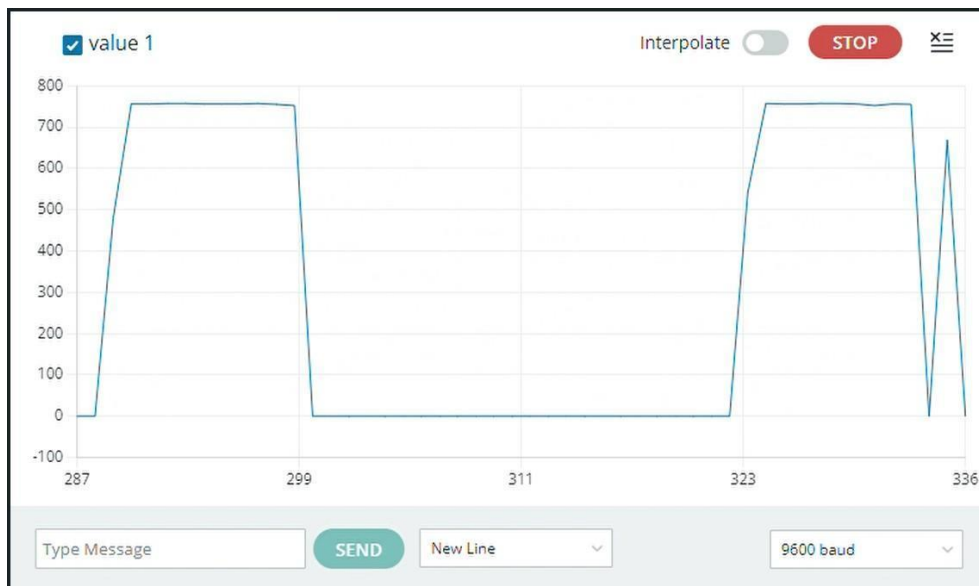



Ilustración 9. Información recibida desde la planta de cannabis Punto Rojo.




 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Mi presentación del *Live Performance* intentó llevar a los espectadores por una historia marcada por los ciclos naturales, la vida, la evolución, la involución y el renacer, jugando con diferentes sonidos, estímulos sonoros provenientes de las plantas y con el BPM de la música, todo esto con el fin de generar emociones que van cambiando en el transcurso de 11 minutos que dura esta primera muestra.

Como artista, estoy tratando de transmitir emociones, por lo tanto, el día designado a la grabación del *performance* empecé a primera hora de la mañana limpiando el espacio, realicé mi rutina de yoga y dispuse todo para la grabación, conecté la planta y empecé a escucharla, elegí los sonidos que estarían en el video de entre los que ya había probado; durante todo el día cuidé mi alimentación y mis emociones, concentré mi energía y pensamientos en lo que deseaba transmitir. Posteriormente, junto con Natalia, nos dispusimos a probar las imágenes que yo previamente le había enviado, junto con las que ella deseaba aportar. Una vez todo nos pareció listo, procedimos con el maquillaje junto con Laura, lo cual concebí como un ritual entre mujeres. Realizamos una prueba de captura de video y una vez cayó la noche empezamos la grabación.


Hasta la fecha el alcance de personas que han visto el performance es muy bajo, por lo tanto, no hay un número suficiente para asegurar que el mensaje ha sido entendido, pero quienes lo han visto entienden que está dedicado a la naturaleza, el nacimiento, la vida, la muerte, la evolución, los humanos y el cambio. algunas de sus palabras son: tranquilidad, seguridad, inspira a que deberíamos sentir eso por dentro, me gusta lo que me hace sentir, no dejarse influenciar. sensaciones, conexiones, meditación, todo está conectado. A mí me parece literal una metamorfosis sonora, vibracional. Lo primero que pienso es en conexión, la combinación de lo visual y lo auditivo logra captar la atención rápidamente y no se siente el tiempo que pasa, es continuo y se experimentan muchos sentimientos, sentirte liberado, soltar, fue muy mágico el momento. intuición, cercanía, conexión, todo es vida movimiento y sonido, simetría de todo y tu como artista, me parece poderosísimo.

También se logra hacer un taller donde se explica a los asistentes la importancia de tener conciencia de nuestras emociones y de cómo eso influye en la información que recibimos.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


## CONCLUSIONES

- Al desarrollar este proyecto, se logra obtener herramientas para la realización de un performance: tanto tecnológicas con la creación del circuito, como simbólicas y creativas al estudiar y sonificar la señal obtenida a partir de las plantas de Cannabis.
- Se crea un Hardware que permite conectar sensores a plantas vivas para captar las señales que emiten y llevarlas al software que convierte la información en sonido.
- En el periodo de interacción con las plantas, de conformidad con la información obtenida, se logra identificar mayor dinámica en la señal que puede generarse a partir de las plantas de Cannabis en comparación con algunas otras especies de plantas que también hicieron parte del experimento, como la sábila y la lengua de suegra. Lo anterior pudo evidenciarse de manera audible al momento de convertir las señales en notas MIDI y posteriormente en sonidos: las notas producidas a partir de las plantas de Cannabis presentaban un mayor cambio de tono.
- Al llegar al punto donde la audición es el medio para recibir y procesar la información obtenida, se logra tener una respuesta emotiva por parte de las personas que hasta ahora han podido escuchar la sonificación. Lo anterior permite generar emociones que no se fundamentan en la simple verificación cuantitativa. Lo anterior, como método visual al ver la planta conectada e interactuando de alguna forma con su entorno, y como auditivo, que genera otro tipo de sensaciones al sistema nervioso, es de gran utilidad en el proceso de creación. Lo que se constituye en una fuente de inspiración además de un instrumento en la obra performática creada.

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- El desarrollo de dispositivos capaces tecnológicamente de captar información de su entorno es viable en la actualidad, por lo tanto, sería de gran ayuda que profesionales en estas áreas tecnológicas puedan interesarse por estas herramientas que son tanto artísticas como científicas y que podrían llegar a ser usadas por gran número de personas obteniendo hallazgos importantes.
- Las plantas son seres vivos que captan y transmiten energía con su entorno, pero el hombre no tiene un mecanismo por el cual se pueda comunicar de forma más concreta con estos seres vivos, este proyecto busca incentivar el estudio de fuentes de información que tengan una importancia simbólica en la tierra y en la vida en general y reconocer la importancia que puede llegar a tener para el hombre una relación más amable con su entorno natural.
- La obra producida a partir del desarrollo del proyecto busca generar un crecimiento técnico, tecnológico y un alcance progresivo en la humanidad, también, influir en compositores y artistas responsables del impacto que pueden tener sus creaciones.
- Para poder analizar el impacto que pueda generar la obra en las personas, es necesario hacer presentaciones del performance, y posteriormente encuestar o entrevistar al público presente, hacer una triangulación de la información y poder generar estadísticas del efecto causado. para esto se necesitaría la logística requerida para las presentaciones y más tiempo de desarrollo del proyecto.
- En este trabajo también se busca implantar la idea de percepciones más objetivas que subjetivas y desmitificar acciones y reacciones de la evolución de la sociedad y las especies que habitan esta realidad colectiva, teniendo como base el arte, el lenguaje, la ciencia, la tecnología, el lugar y las especies con las que lo habitamos.
- El arte ha sido un medio de transmisión de información desde tiempos antiguos y es una herramienta para quien compone y comprende el lenguaje. Preguntas del tipo ¿cómo puede el arte llegar a influir en quienes reciben esa información?, son parte de aquellas que pretenden resolver diferentes disciplinas. ¿Es trabajo del artista ahondar en cada una de ellas para comprenderlas y aprovecharlas en el impacto personal y social que pueda llegar a tener?

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## REFERENCIAS

Davies, E. (2004). New Functions for Electrical Signals in Plants. *The New Phytologist*, 161(3), 607–610. <http://www.jstor.org/stable/1514529>

López Laín, Sergio (2013). Controlador MIDI basado en Arduino. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.U.I.T. Telecomunicación (UPM) [antigua denominación], Madrid. <https://oa.upm.es/21330/>

González Santana, Román (2018). Controlador MIDI basado en sensores de ultrasonidos. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. y Sistemas de Telecomunicación (UPM), Madrid. <https://oa.upm.es/54825/>

Lopez, F (2010) Sin título #223. Madrid, España, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía [https://www.museoreinasofia.es/exposiciones/francisco-lopez-sin-titulo-223#:~:text=Francisco%20L%C3%B3pez%20\(Madrid%20201964\),p%C3%BAblico%20que%20participa%20en%20ellas.](https://www.museoreinasofia.es/exposiciones/francisco-lopez-sin-titulo-223#:~:text=Francisco%20L%C3%B3pez%20(Madrid%20201964),p%C3%BAblico%20que%20participa%20en%20ellas.)


Gagliano, M. Renton, M. Duvdevani, N. Timmins, M. Mancuso. S. (2012), Out of sight but not out of mind: Alternative means of communication in plants. *PLoS ONE*, 7 (5), art. no. e37382 <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84861316076&doi=10.1371%2fjournal.pone.0037382&partnerID=40&md>

Roddy, S. (2019), Using conceptual metaphors to represent temporal context in time series data sonification, *Interacting with computers*, volumen 31, Issue 6, pp 555-576. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwz036>

Lutters, B. Koehler, P. (2016), Brainwaves in concert: the 20th century sonification of the electroencephalogram, *Brain*, Volumen 139, Issue 10, pp. 2809-2814. <https://doi.org/10.1093/brain/aww207>

Ziemer, T. Schultheis, H. (2022), PAMPAS: A PsychoAcoustical Method for the Perceptual Analysis of multidimensional Sonification, *Front Neurosci*. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.930944>

Joo, W, (2022) Graphic-to-Sound Sonification for Visual and Auditory Communication Design. In Proceedings of the 17th International Audio Mostly Conference (AM '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–6.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

<https://doi.org/10.1145/3561212.3561214>

Abson, M. Motherboard (16 sept 2014) Meet the Sonic Artist Making Music With Plants: Sound Builders [vodeo]. Youtube.

[https://www.youtube.com/watch?v=wYU18eiiFt4&t=38s&ab\\_channel=Motherboard](https://www.youtube.com/watch?v=wYU18eiiFt4&t=38s&ab_channel=Motherboard)

Felbify. [Felbify] (11 de enero del 2021). The best ARDUINO PROJECT 2021? Music with plants | learn fast. [video]. Youtube.

[https://www.youtube.com/watch?v=yuJhKUunYPE&t=41s&ab\\_channel=Felbify](https://www.youtube.com/watch?v=yuJhKUunYPE&t=41s&ab_channel=Felbify)

P. Miller. (04 nov 2019) Making Music With Plants [video]. Youtube.

[https://www.youtube.com/watch?v=522FnMUeg5c&ab\\_channel=DuquesneUniversity](https://www.youtube.com/watch?v=522FnMUeg5c&ab_channel=DuquesneUniversity)

Sukhova, E., Akinchits, E. & Sukhov, V. (15 julio 2017) Mathematical Models of Electrical Activity in Plants. *J Membrane Biol* 250, 407–423 .  
<https://doi.org/10.1007/s00232-017-9969-7>

FROMM, J. and LAUTNER, S. (mar 2007), Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant, Cell & Environment*, 30: 249-257.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>

Bejarano, C. (nov 2017). Música Concreta Tiempo Destrozado. Recuperado de [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=W-zuyRiOkocC&oi=fnd&pg=PA5&dq=musica+experimental+y+concretas&ots=5Ttsn7Pv-j&sig=aRjvwKMqZskIvB9IiQFqhdrIyPo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=musica%20experimental%20y%20concretas&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=W-zuyRiOkocC&oi=fnd&pg=PA5&dq=musica+experimental+y+concretas&ots=5Ttsn7Pv-j&sig=aRjvwKMqZskIvB9IiQFqhdrIyPo&redir_esc=y#v=onepage&q=musica%20experimental%20y%20concretas&f=false)


Valera, D. (31 agosto 2005). Intersecciones: la música en la cultura electro-digital. Recuperado de <https://www.ccapitalia.net/reso/articulos/intersecciones/intersecciones.pdf>

Retallack, J., & Cage, J. (26 de febrero 2012). *MUSICAGE: CAGE MUSES on Words \* Art \* Music*. Recuperado de <https://muse.jhu.edu/pub/168/monograph/book/15124>

Tilbury, J. (1983). ‘Cornelius Cardew’. *Contact*, 26. pp. 4-12. ISSN 0308-5066. Recuperado de URL <https://core.ac.uk/download/pdf/234136727.pdf>

Schreiber, E. (2012). Muzyka i metafora. Koncepcje kompozytorskie Pierre’a Schaeffera, Raymonda Murraya Schafera i Gérarda Griseya. Warszawa, Narodowe Centrum Kultury. Recuperado de URL [http://demusica.edu.pl/wp-content/uploads/2019/07/schreiber\\_de\\_musica\\_XIII\\_20121.pdf](http://demusica.edu.pl/wp-content/uploads/2019/07/schreiber_de_musica_XIII_20121.pdf)



	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Covarrubias, A. (Abril-Junio 2011). Utilidad de la Cannabis sp. en medicina: Una perspectiva basada en la historia. Revista Mexicana de Anestesiología. Vol. 34. No. 2 pp 138-140 Recuperado de URL <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2011/cma112j.pdf>

Molina H., M. M. (Dic 2008). El cannabis en la historia: Pasado y presente . Cultura Y Droga, Vol. 13 Núm. 15, 95–110. Recuperado a partir de <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/culturaydroga/article/view/6478>

Chi Maimó, A., Sardiñas Velázquez, R., Vargas Kindelán, R., & Baró Garmendía, M. (Oct 2005). BASES FUNCIONALES DEL SISTEMA ENDOCANNABINOIDE EN EL HUMANO. Revista Habanera de Ciencias Médicas, vol. 4, núm. 4. Recuperado de URL <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180422190002>

Maturana, H. (2021) Emociones y Lenguaje en Educación y Política. Recuperado de [https://des-juj.inf.d.edu.ar/sitio/upload/Maturana\\_Romesin\\_H\\_-\\_Emociones\\_Y\\_Lenguaje\\_En\\_Educacion\\_Y\\_Politica.pdf](https://des-juj.inf.d.edu.ar/sitio/upload/Maturana_Romesin_H_-_Emociones_Y_Lenguaje_En_Educacion_Y_Politica.pdf)

BELLI, S., (2009). La construcción de una emoción y su relación con el lenguaje: Revisión y discusión de una área importante de las ciencias sociales. Theoria, vol. 18, núm. 2, pp. 15-42 Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29917006003>


Recuenco, A. (17 julio de 2020). Inteligencia emocional: El lenguaje de más valor en el mundo de hoy. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Posgrado. recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/3123/3825>

Torres, M. (2019). Los órganos de los sentidos en los seres vivos. Para optar al Título Profesional de Licenciado en Educación. UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/6946/MONOGRAF%c3%8dA%20-%20LIMA%20TORRES%20MARIVEL%20VANESSA%20-%20FAC%20%28RE%20GULARIZACI%c3%93N%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Darwin, C. (1873). La expresión de las emociones en el hombre y en los animales. recuperado de [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/118043/file\\_1.pdf](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/118043/file_1.pdf)

Aristóteles, (1962). DEL SENTIDO Y LO SENSIBLE - DE LA MEMORIA Y DEL RECUERDO. recuperado de



 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

[http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/Libros\\_y\\_mas/2015/10/lib/del\\_sentido.pdf](http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/Libros_y_mas/2015/10/lib/del_sentido.pdf)

Sabogal, M. (31 de Enero de 2014). Cuerpos Emotivos: Un debate sobre la naturaleza y la función de la expresión emocional. Trabajo de grado para optar por el título de: Filósofa. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Filosofía. Bogotá. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/13552/SabogalSerranoMariaPau2014.pdf?sequence=3>

Redondo, R. (1991) UN EXTRAÑO FENÓMENO PERCEPTIVO: LA SINESTESIA. Revista Internacional de los Estudios Vascos. Año 39. Tomo XXXVI. N.º 1, p. 11-21. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/11496221.pdf>

Correa, F., Guajala, D., Pulamarín, J. J., & Ortiz, W. (2012). Sensación y percepción en la construcción del conocimiento. Sophia, Colección de Filosofía de la Educación, (13), 123-149. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4418/441846102006.pdf>


Schiffman, H. (2004) Sensacion y Percepcion un Enfoque Integrador. Recuperado de <https://www.conducteam.com/recursos-libros/sensacion-y-percepcion-un-enfoque-integrad/or/>

Kandinski, W. (1989). De lo Espiritual en el Arte. Quinta edición. Recuperado de <https://docs.google.com/file/d/0Bw-UW1D6x4Y9ME5BWGF6Yzg0c0E/edit?resourcekey=0-onEXr8l8HmUioDjuptVOvg>

R. López, Ú. San Cristóbal. (2014) Investigación artística en música: problemas, métodos, experiencias y modelos, Fondo nacional para la cultura y las artes, Barcelona.

Castaneda, C. (2000-08-01) Las Enseñanzas de Don Juan (304 pgs) (Edición 1) Fondo de Cultura Económica.

Fromm, J. and Launter, S. (2007), Electrical signals and their physiological significance in plants. Plant, Cell & Environment, 30: 249-257. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>

	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

FIRMA DE LA ESTUDIANTE:           Lina A. Gonzalez R.          

FIRMA DEL ASESOR:           Omar (Mora U)          

FECHA DE ENTREGA:           19 de noviembre de 2023