

**ECOS VERDES – ALQUIMIA SONORA VEGETAL: INVESTIGACIÓN-
CREACIÓN DE UN EP BASADO EN LA TRADUCCIÓN DE DATOS BIOELÉCTRICOS
DE PLANTAS**

**ECOS VERDES – ALQUIMIA SONORA VEGETAL: RESEARCH-CREATION OF
AN EP BASED ON THE TRANSLATION OF BIOELECTRIC DATA FROM PLANTS**

Por:

Adriana María Gutiérrez Grisales

Adrianagutierrez166399@correo.itm.edu.co

Artículo académico presentado para optar al título de Profesional en Artes de la Grabación
y Producción Musical

Facultad de Artes y Humanidades

Artes de la Grabación y Producción Musical



Medellín, Colombia

2025

Resumen

El proyecto Ecos Verdes – Alquimia Sonora Vegetal tiene como objetivo generar nuevas composiciones musicales a partir de la traducción de datos bioeléctricos de tres especies vegetales —suculenta, menta y caladium—, materializadas en un EP de seis piezas. La investigación se desarrolló bajo la metodología de investigación-creación, estructurada en tres fases: preproducción, producción y postproducción. Se empleó un Biodata Sonification Kit construido con componentes Arduino para captar las variaciones eléctricas de las plantas y convertirlas en señales MIDI, interpretadas mediante un sintetizador Arturia MiniFreak. El referente teórico de Pierre Schaeffer y su concepto de objeto sonoro sustentó la idea de autonomía del sonido, mientras que el referente artístico del colectivo Interspecifics aportó un enfoque biointeractivo entre naturaleza y tecnología. El resultado

demuestra la posibilidad de establecer un diálogo sonoro interespecie mediado por herramientas tecnológicas.

Palabras clave: Arte generativo, sonificación de datos, Biodata Sonification Kit.

Abstract

The Ecos Verdes – Alquimia Sonora Vegetal project aims to generate new musical compositions by translating bioelectrical data from three plant species—succulent, mint, and caladium—resulting in a six-track EP. The research was conducted using a research-creation methodology, structured in three phases: pre-production, production, and post-production. A Biodata Sonification Kit, built with Arduino components, was used to capture the plants' electrical variations and convert them into MIDI signals, which were then interpreted using an Arturia MiniFreak synthesizer. The theoretical framework of Pierre Schaeffer and his concept of the sound

object underpinned the idea of sound's autonomy, while the artistic influence of the Interspecifics collective contributed a biointeractive approach to the relationship between nature and technology. The result demonstrates the possibility of establishing

an interspecies sonic dialogue mediated by technological tools.

Keywords: generative art, data sonification, biodata.

INTRODUCCIÓN

En un contexto contemporáneo caracterizado por la aceleración, la sobrecarga sensorial y la fatiga digital, Ecos Verdes – Alquimia Sonora Vegetal surge como una propuesta artística que une arte generativo, naturaleza y tecnología, invitando a una escucha atenta del entorno vivo. El proyecto busca propiciar bienestar a través del sonido, concibiendo la creación musical como una práctica de conexión con lo natural y de reflexión sobre la relación entre los organismos y sus entornos. En esta perspectiva, las plantas dejan de ser un motivo simbólico para convertirse en agentes activos dentro del proceso de creación sonora.

En el ámbito de los antecedentes teóricos, la investigación reconoce la influencia de la música concreta formulada por Pierre Schaeffer, cuya noción de objeto sonoro desplazó el foco desde el instrumento y la notación hacia el sonido mismo como materia autónoma de exploración. Esta concepción permitió que cualquier fuente acústica pudiera ser tratada como material compositivo, abriendo la posibilidad de experimentar con el timbre, el tiempo y la percepción. De igual manera, la música experimental amplió los límites de la creación al incorporar el azar controlado, la manipulación electrónica y la indeterminación, generando un campo propicio para las prácticas generativas. En esta línea, los sintetizadores se consolidaron como herramientas esenciales para modelar y transformar el sonido, actuando como mediadores entre lo técnico y lo estético.

Desde este marco, el proyecto **Ecos Verdes propone la creación de composiciones musicales basadas en la traducción de datos bioeléctricos de plantas en señales audibles mediante un dispositivo diseñado especialmente para este fin. El sistema constituye una interfaz de traducción entre procesos electrofisiológicos vegetales y estructuras de datos musicales.** Su arquitectura integra adquisición de señal en tiempo real, análisis estadístico, generación controlada de eventos

MIDI y representación visual asociada. Este enfoque posibilita convertir las variaciones eléctricas captadas por sensores en mensajes MIDI que controlan un sintetizador, permitiendo que las plantas actúen como intérpretes. Esta mediación tecnológica materializa la posibilidad de construir obras en las que la naturaleza participa directamente en el proceso creativo, expandiendo la noción tradicional de autoría y composición.

En este sentido, el trabajo se orienta por la siguiente pregunta de investigación: ¿Se pueden generar nuevas composiciones artísticas a través de la creación de obras musicales de arte generativo traduciendo datos bioeléctricos de tres plantas para la generación de un EP?

El objetivo de este artículo es presentar y analizar el proceso investigativo-creativo que condujo a la producción del EP *Alquimia Sonora Vegetal*, describiendo las decisiones metodológicas, técnicas y estéticas que orientaron cada fase del proyecto.

El desarrollo metodológico se organizó en tres etapas: preproducción, producción y postproducción. En la fase de preproducción, se establecieron los parámetros técnicos para el registro de la actividad eléctrica de tres especies —suculenta, menta y caladium—, ensamblando el circuito del Biodata Sonification Kit llamado *Ecos Verdes* (Arduino Nano, temporizador 555, resistencias, capacitores, potenciómetro y electrodos). En la producción, las sesiones se realizaron en tiempo real sin intervención humana, de modo que las plantas fueron las responsables de activar impulsos MIDI que el sintetizador *Arturia MiniFreak* convirtió en sonido. Cada especie manifestó un comportamiento eléctrico singular que dio origen a seis piezas individuales y combinadas. Finalmente, la postproducción comprendió la mezcla, ecualización, compresión y nivelación final del material, buscando coherencia estética y continuidad narrativa entre las pistas.

El resultado es el EP *Alquimia Sonora Vegetal*, una obra que evidencia la posibilidad de generar música a partir de la actividad bioeléctrica de las plantas, consolidando una experiencia de

creación interespecie mediada por la tecnología. El proyecto se sostiene en una concepción expandida del objeto sonoro, en la que el sonido deja de ser únicamente un producto de la acción humana para convertirse en el registro sensible de un proceso vital compartido entre naturaleza y máquina.

Más allá de su formulación técnica y estética, el proyecto se vio transformado por las experiencias de escucha compartidas durante diversas sesiones informales de reproducción del material sonoro. En estos contextos, distintas personas manifestaron percepciones asociadas a estados de calma, concentración y atención sostenida, llegando en algunos casos a utilizar las piezas como soporte para prácticas de escucha prolongada y meditación. Esta recepción del material sonoro llevó a replantear el alcance del proyecto, desplazándolo de una exploración centrada exclusivamente en la sonificación de biodata hacia una reflexión más amplia sobre la escucha, el tiempo y la relación entre sonido, organismo vivo y experiencia perceptiva. En este sentido, las influencias teóricas y artísticas que orientaron el proyecto no solo anteceden su desarrollo, sino que contribuyeron a configurar un resultado cuya dimensión experiencial reconfiguró la comprensión del proceso creativo y de sus posibles usos.

REFERENTES TEÓRICOS Y ARTÍSTICOS

Música concreta, música experimental y sintetizadores.

La música concreta, formulada por Pierre Schaeffer a mediados del siglo XX, representó un cambio en la concepción de la música al desplazar el foco desde la notación y los instrumentos tradicionales hacia el sonido como objeto autónomo de exploración. Schaeffer definía esta práctica

como un método experimental en el que “la música [...] propone la escucha del sonido en sí mismo como objeto” (Schaeffer, 1988, Tratado de los objetos musicales). Este planteamiento liberó al sonido de su dependencia de las estructuras tonales o de la ejecución instrumental, posibilitando el trabajo directo con sus propiedades físicas y perceptivas.

La introducción de esta idea permitió considerar cualquier fuente sonora como materia musical mediante técnicas de registro y manipulación. En palabras de Schaeffer, “el advenimiento de la música experimental está ligado al desarrollo técnico que permite registrar, manipular y reorganizar sonidos fuera de las convenciones instrumentales” (Schaeffer, 1988, Tratado de los objetos musicales). Este enfoque abrió la posibilidad de prácticas como la música electroacústica, el arte sonoro y las experiencias generativas, en las cuales el sonido se organiza desde procedimientos técnicos y perceptivos.

La música experimental, en esta misma línea, se define por la exploración del sonido como materia y por la apertura a lo inesperado. Sus prácticas prescinden en muchos casos de formatos convencionales y se centran en la construcción de atmósferas mediante paletas tímbricas y densidades sonoras. El proyecto se articula en esta perspectiva al producir ambientes a partir de la actividad bioeléctrica de las plantas, transformada en paisajes sonoros mediante procesos digitales y síntesis. Asimismo, la música experimental y el arte sonoro plantean la escucha como un espacio de reflexión sobre tiempo y espacio, lo cual conecta con la dimensión de la ecología acústica presente en la propuesta.

En el campo del arte sonoro, los sintetizadores han sido reconocidos como dispositivos esenciales para la exploración tímbrica y la expansión de las posibilidades compositivas. Según *Arte Sonoro*, “tal vez hoy en día el recurso idóneo para generar y manipular las cualidades tímbricas

del sonido en un gran espectro sea un sintetizador de audio. Su invención marca un gran hito, primero tecnológico, y luego, en gran medida, conceptual: estos dispositivos propician una experimentación continua” (UAN, *Arte Sonoro*, p. 327). Se resalta que “el control continuo del timbre musical es una actividad históricamente reciente, en la cual los sintetizadores juegan un papel importante, al ser máquinas especialmente diseñadas con este propósito” (UAN, *Arte Sonoro*, p. 330).

En el marco de Ecos Verdes, los sintetizadores cumplen la función de traducir las señales MIDI provenientes de la actividad bioeléctrica de las plantas, al mismo tiempo que aportan una identidad sonora derivada de sus limitaciones técnicas y de diseño. De esta manera, el álbum se configura en el cruce entre tres niveles conceptuales: la noción de objeto sonoro de Pierre Schaeffer, la exploración abierta de la música experimental y la función de los sintetizadores como mediadores entre el dato biológico y el timbre musical. La convergencia de estos elementos sitúa la obra en un territorio biointeractivo, en el que la naturaleza y la máquina producen conjuntamente un repertorio sonoro organizado en seis piezas.

En el proyecto Ecos Verdes, la música concreta se plantea como antecedente teórico, ya que las composiciones no parten de la interpretación de instrumentos convencionales, sino de la transformación de datos bioeléctricos en objetos sonoros. Los sonidos generados por sintetizadores a partir de señales MIDI se registran y organizan en seis piezas, conformando un álbum en el que cada registro constituye un objeto sonoro autónomo susceptible de organización compositiva.

Antecedente artísticos:

El colectivo Interspecifics, integrado por Leslie García y Paloma López, presentó Micro-Ritmos: Mensajes Bioeléctricos de Medellín, un proyecto de bioarte que explora la comunicación interespecies a través de la energía generada por bacterias. Mediante muestras de tierra recolectadas en Medellín, las celdas bacterianas produjeron microvoltajes que fueron amplificados y traducidos en un sistema audiovisual. Un decodificador transformó la actividad en secuencias lumínicas, mientras que cámaras Raspberry Pi y la biblioteca OpenCV analizaron esos patrones para generar paisajes sonoros. Exhibida en el LAB3 del MAMM, la obra vincula biología, arte y tecnología, planteando un diálogo simbólico con lo microscópico. (Auscultare II : arte sonoro 2009/2014)

Sam Cusumano y MIDI Sprout, el dispositivo que usa Ecos Verdes

El MIDI Sprout, desarrollado en 2012 por el colectivo Data Garden en colaboración con Sam Cusumano, constituye uno de los primeros sistemas accesibles de sonificación biológica. Su funcionamiento se basa en la respuesta galvánica, principio según el cual los organismos vivos presentan variaciones medibles en su conductividad eléctrica. A partir de esta propiedad, el dispositivo detecta microfluctuaciones de voltaje en las hojas de las plantas mediante electrodos conductivos, adaptando la lógica de un detector de mentiras (galvanómetro) para el registro continuo de dichas variaciones.

Estas señales analógicas son convertidas en mensajes digitales a través del protocolo MIDI, lo que permite controlar parámetros musicales como tono, duración o modulación en sintetizadores y software de audio. El proceso no genera melodías predeterminadas, sino que traduce los cambios eléctricos naturales de la planta en eventos sonoros, transformando así la actividad biológica en

información compositiva. En este sentido, el dispositivo actúa como un interfaz biointeractivo, donde la planta se convierte en agente activo dentro del proceso creativo.

El MIDI Sprout fue concebido como un puente entre naturaleza y tecnología, y ha sido implementado en diversos contextos artísticos: desde instalaciones inmersivas y performances audiovisuales hasta sesiones meditativas y prácticas de escucha consciente. Su relevancia radica en haber democratizado el acceso a la sonificación vegetal, ofreciendo un modelo abierto de exploración entre ciencia y arte.

El proyecto impulsó posteriormente la creación de su versión comercial y portátil, PlantWave, orientada a la escucha cotidiana de las plantas. Este desarrollo marcó un punto de inflexión en la historia reciente del arte sonoro y del bioarte, al consolidar la idea de que la actividad eléctrica de los organismos vivos puede ser interpretada como una fuente musical autónoma, capaz de generar experiencias estéticas, científicas y contemplativas. (Our Story – MIDI Sprout, s.f., <https://www.midisprout.com/our-story>)

DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo metodológico del proyecto Alquimia Sonora Vegetal se estructura en tres etapas fundamentales —preproducción, producción y postproducción— que permiten comprender el tránsito del dato biológico al objeto sonoro. Cada una de ellas aborda un momento distinto del proceso creativo y técnico: la preproducción se centra en la planificación, diseño y construcción del sistema de sonificación, así como en la selección de las especies vegetales y los parámetros de

registro; la producción describe el proceso de conversión de las señales bioeléctricas en información MIDI, su interpretación por medio del sintetizador y la configuración del paisaje sonoro resultante; finalmente, la postproducción analiza las etapas de edición, mezcla y masterización, orientadas a consolidar la coherencia estética y técnica del EP. En conjunto, estas fases configuran una ruta metodológica que articula la experimentación tecnológica, la observación biológica y la composición sonora como dimensiones interdependientes dentro del proyecto.

Preproducción: En la búsqueda del sonido

La etapa de preproducción del proyecto Alquimia Sonora Vegetal consistió en el diseño y planificación del proceso de sonificación de datos biológicos provenientes de tres especies vegetales: suculenta, menta y caladium, plantas que están disponibles y debido a que previos experimentos han revelado actividad y diferentes patrones dependiendo de la hora del día. Este momento metodológico permitió establecer los parámetros técnicos y conceptuales necesarios para el registro, traducción y modelado sonoro de las señales eléctricas emitidas por las plantas. El propósito fue definir un sistema estable de conexión entre las especies, los sensores y el sintetizador, garantizando una captura precisa de las variaciones bioeléctricas que posteriormente serían transformadas en datos MIDI.

La selección de las plantas respondió a criterios biológicos, técnicos y experimentales. La suculenta fue elegida por su estructura carnosa y hojas rígidas, que permiten una conexión estable con sensores adhesivos reutilizables sin generar daño en la superficie vegetal. Su alta retención de agua y densidad interna favorecen la conductividad y la estabilidad en la señal. La menta fue

seleccionada por su alta actividad bioeléctrica y su rápido metabolismo. Su tamaño reducido facilitó el uso de sensores tipo pinza que permiten obtener datos constantes de conductividad. Finalmente, el caladium fue elegido a partir de una experiencia previa en presentación en vivo, donde se observó una respuesta eléctrica significativa entre las 11:00 a.m. y las 2:00 p.m. Dada la fragilidad de sus hojas, los sensores adhesivos se instalaron en los tallos para evitar daño foliar.

Cada especie representa una fuente autónoma de datos eléctricos y, por tanto, una intérprete diferente en la construcción del paisaje sonoro. Estas decisiones se documentaron mediante registro fotográfico y notas de campo para garantizar trazabilidad técnica.

Para la captura de las señales bioeléctricas se utilizó un Biodata Sonification Kit, basado en el MIDI Sprout diseñado por Sam Cusumano y desarrollado por el colectivo Data Garden. Este dispositivo al que se llamó Ecos Verdes, corresponde a un dispositivo computacional diseñado para captar variaciones eléctricas generadas por una planta y traducirlas en eventos sonoros y visuales. Su funcionamiento se basa en la medición de señales eléctricas de muy baja intensidad, generadas de manera natural por procesos fisiológicos internos del organismo vegetal, y en su posterior interpretación a través de mecanismos de análisis temporal y estadístico.

La planta no produce sonido de forma directa. En cambio, el sistema actúa como una interfaz que registra cambios en la señal eléctrica y los transforma en datos que pueden ser expresados mediante sonido y luz, permitiendo una forma alternativa de observación de la actividad vegetal.

La adquisición de la señal se realiza mediante dos sensores colocados en hojas de una misma planta. Estos sensores se fijan a la superficie foliar sin producir alteraciones estructurales

en el tejido vegetal. La función de estos sensores es registrar diferencias en la conductividad eléctrica entre dos puntos del organismo.

Cada variación inicial se manifiesta como un evento eléctrico de corta duración. El sistema registra la diferencia temporal entre eventos sucesivos utilizando un mecanismo de muestreo basado en interrupciones, lo que permite una medición precisa del comportamiento dinámico de la señal eléctrica vegetal a lo largo del tiempo.

Las mediciones se almacenan de manera temporal en una estructura de datos que agrupa un número determinado de muestras, con el fin de permitir su análisis posterior.

Una vez completado el conjunto de muestras, el sistema realiza un análisis estadístico de los datos obtenidos. Este análisis incluye el cálculo del valor promedio, la desviación estándar y la diferencia entre los valores máximos y mínimos presentes en la señal.

Estos parámetros permiten definir un criterio de cambio significativo, establecido a partir de un umbral configurable. El umbral funciona como un filtro que distingue entre variaciones menores y fluctuaciones relevantes dentro del comportamiento eléctrico de la planta. Solo cuando una variación supera dicho umbral, el sistema procede a generar una respuesta sonora y visual.

Cuando se detecta un cambio que supera el umbral establecido, el sistema genera un evento musical codificado mediante el protocolo MIDI. La altura tonal de la nota se selecciona a partir de un conjunto definido de valores, correspondiente a una escala musical específica distribuida en varias octavas. De esta forma, el espacio tonal queda delimitado, asegurando una correspondencia consistente entre señal y resultado sonoro.

La duración del evento sonoro se determina en función de la magnitud del cambio detectado en la señal eléctrica. El sistema puede gestionar múltiples eventos simultáneos mediante un esquema de polifonía controlada, en el cual cada evento posee un tiempo de finalización independiente.

Además de los eventos de nota, el sistema produce mensajes de control continuo que representan parámetros derivados de la señal eléctrica. Estos mensajes se actualizan de manera progresiva, permitiendo variaciones suaves en los valores enviados a dispositivos externos. La transmisión de dichos mensajes se realiza utilizando el mismo protocolo MIDI, lo que facilita su integración con sintetizadores, computadoras y sistemas de procesamiento sonoro.

El sistema incorpora un conjunto de elementos luminosos que funcionan como indicadores visuales de los eventos sonoros generados. Cada evento de nota activa una transición gradual de encendido en uno de los indicadores luminosos, mientras que la finalización del evento produce una transición inversa de atenuación. Estas transiciones se gestionan de forma no bloqueante, lo que permite su sincronización con el resto de los procesos del sistema.

La ejecución del sistema se basa en una gestión temporal que evita el uso de retardos bloqueantes, permitiendo la ejecución simultánea de múltiples procesos, tales como el análisis de la señal, la generación de eventos, la actualización de indicadores visuales y la interacción con la interfaz de usuario. El sistema incluye mecanismos para la incorporación de controles físicos que permiten ajustar parámetros y acceder a distintos modos de funcionamiento.

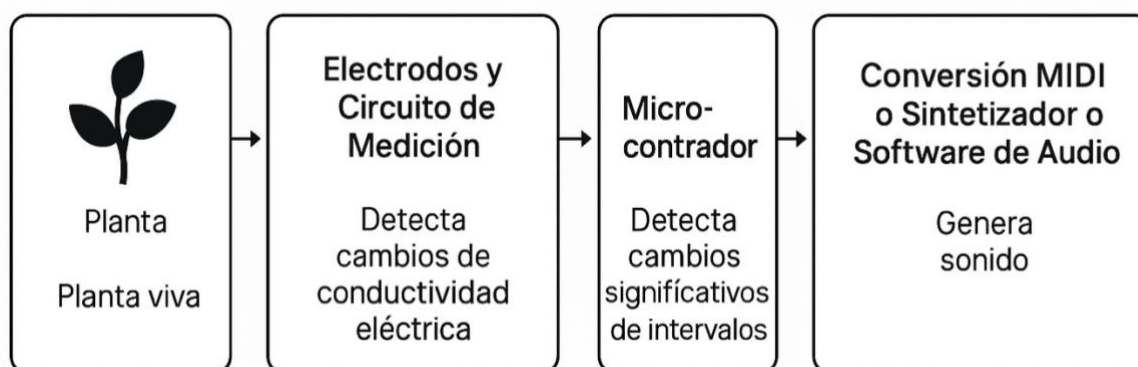


Figura 1

Diagrama del funcionamiento del kit de sonificación

Nota. Elaboración propia.

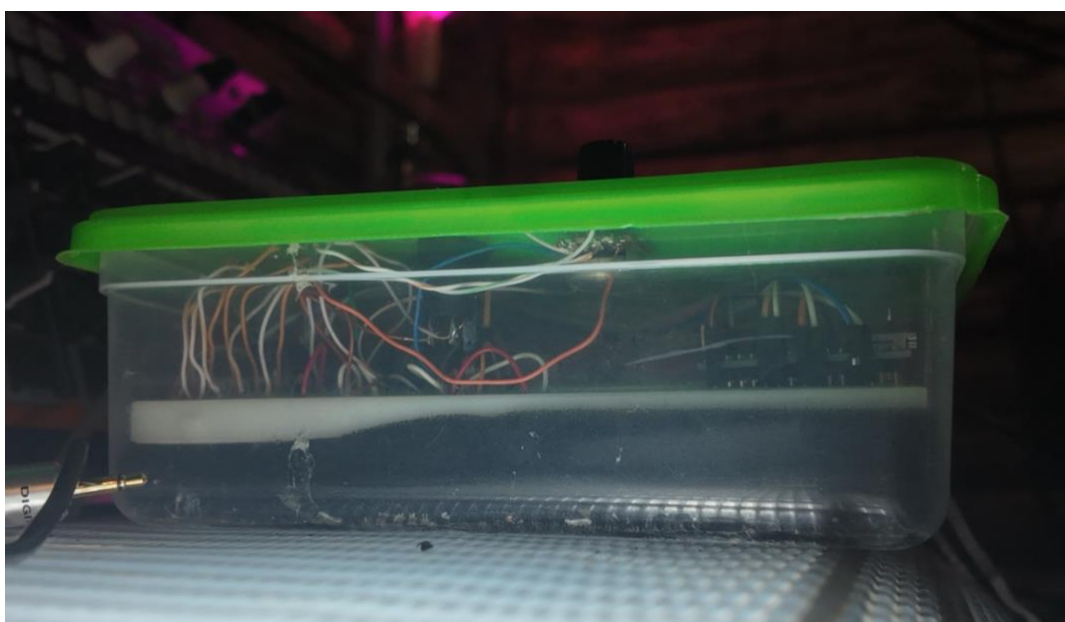


Figura 2

Ecos Verdes, dispositivo de biodata ensamblado por la autora.

Nota. Elaboración propia.

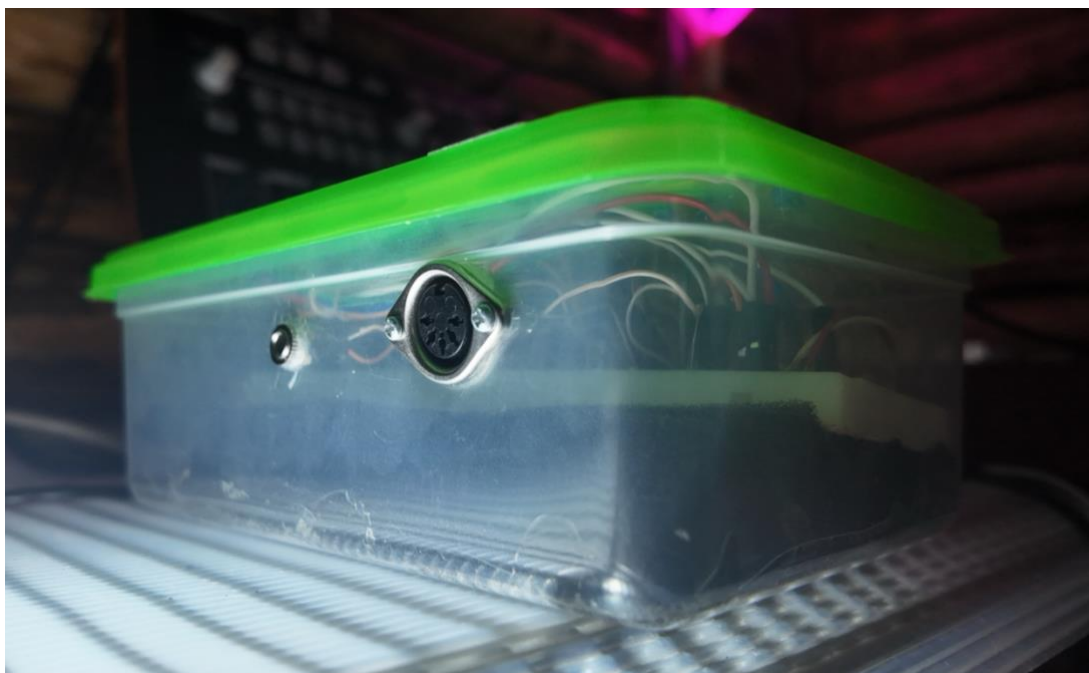


Figura 3

Ecos Verdes, dispositivo de biodata ensamblado por la autora.

Nota. Elaboración propia.

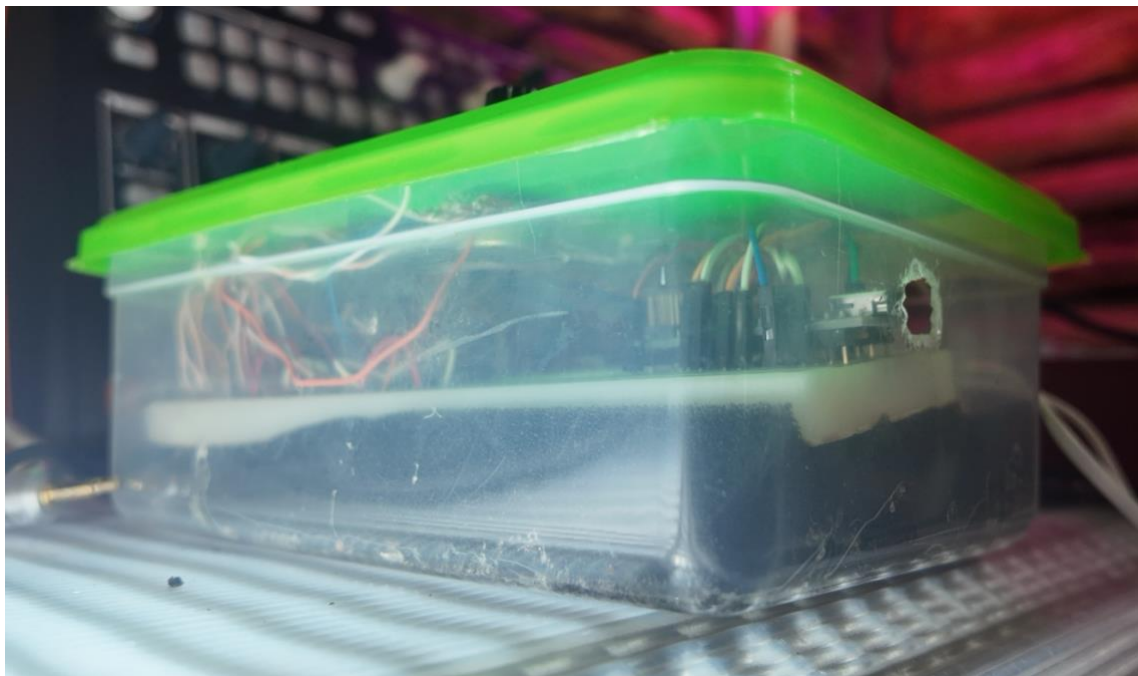


Figura 4

Ecos Verdes, dispositivo de biodata ensamblado por la autora.

Nota. Elaboración propia.

La salida MIDI fue direccionada a un sintetizador Arturia Minifreak, instrumento híbrido con arquitectura digital-analógica que permite modelar el sonido mediante osciladores, filtros, envolventes y efectos.

El flujo de señal se estructuró de la siguiente manera: las plantas conectadas al sistema de electrodos generan variaciones de voltaje que el circuito del Biodata Sonification Kit traduce a mensajes MIDI. Estos mensajes fueron enviados al sintetizador Arturia Minifreak, donde fueron convertidos en frecuencias audibles y moduladas según los parámetros predefinidos de oscilación y filtrado. La salida de audio del sintetizador se conectó a la interfaz Komplete Audio 6, que

permitió grabar las sesiones en el DAW Reaper.



Figura 5

Conexión para el registro de las señales producidas por las plantas.

Nota. Elaboración propia.

El entorno digital se configuró sobre sistema operativo Windows, y se realizaron registros audiovisuales de cada sesión con el fin de documentar los resultados sonoros y visuales del comportamiento de las plantas durante el proceso.

Previo a las grabaciones, se realizaron pruebas de medición eléctrica utilizando un osciloscopio con una planta de control (Miami variegado), bajo la asesoría del profesor Julián Cadavid. Durante la medición se registraron variaciones de voltaje entre 400 milivoltios en reposo y hasta -2.12 voltios al contacto directo con las hojas. El periodo promedio de un ciclo completo fue de 16 milisegundos, lo que equivale a una frecuencia de 62.5 Hz, correspondiente al ruido de la red eléctrica. Este análisis permitió confirmar la calibración del dispositivo previamente construido, asegurando que las mediciones reflejaran la actividad eléctrica propia de las plantas y no interferencias externas.

El EP Alquimia Sonora Vegetal se compone de seis piezas derivadas de sesiones independientes y combinadas con las tres especies seleccionadas. Cada pista fue concebida como una interpretación autónoma de la planta conectada al sistema. El objetivo fue registrar las respuestas bioeléctricas en tiempo real, sin intervención compositiva humana. Las plantas, en este sentido, actúan como intérpretes, mientras el sintetizador cumple la función de modelador sonoro.

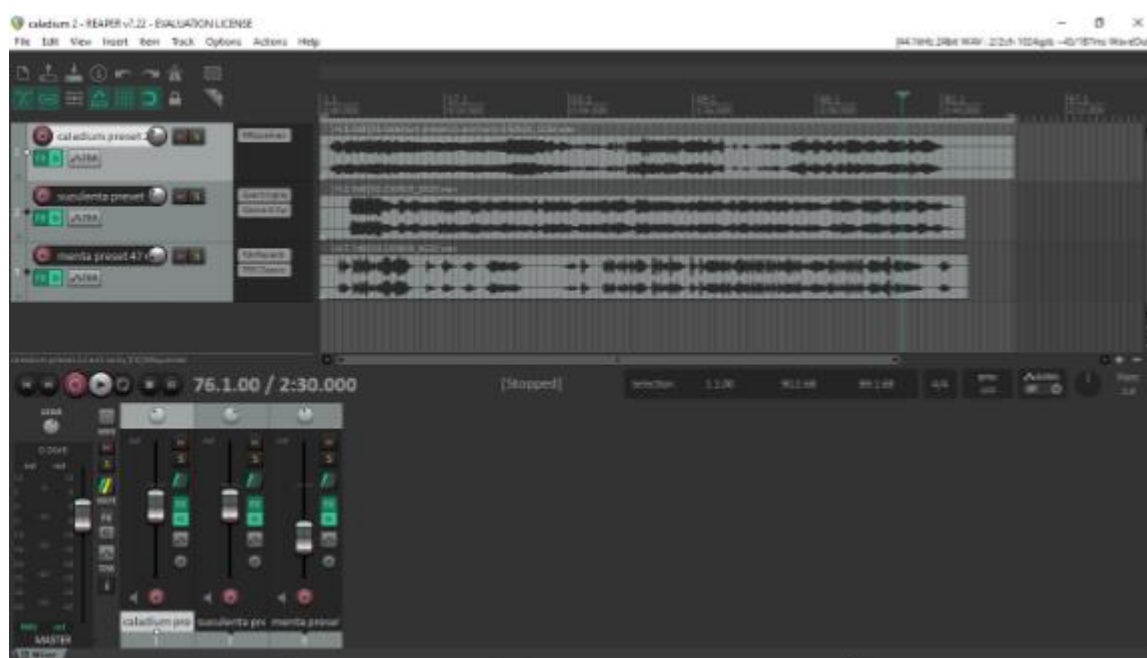


Figura 6

Evidencia de grabación en reaper.

Nota. Elaboración propia.

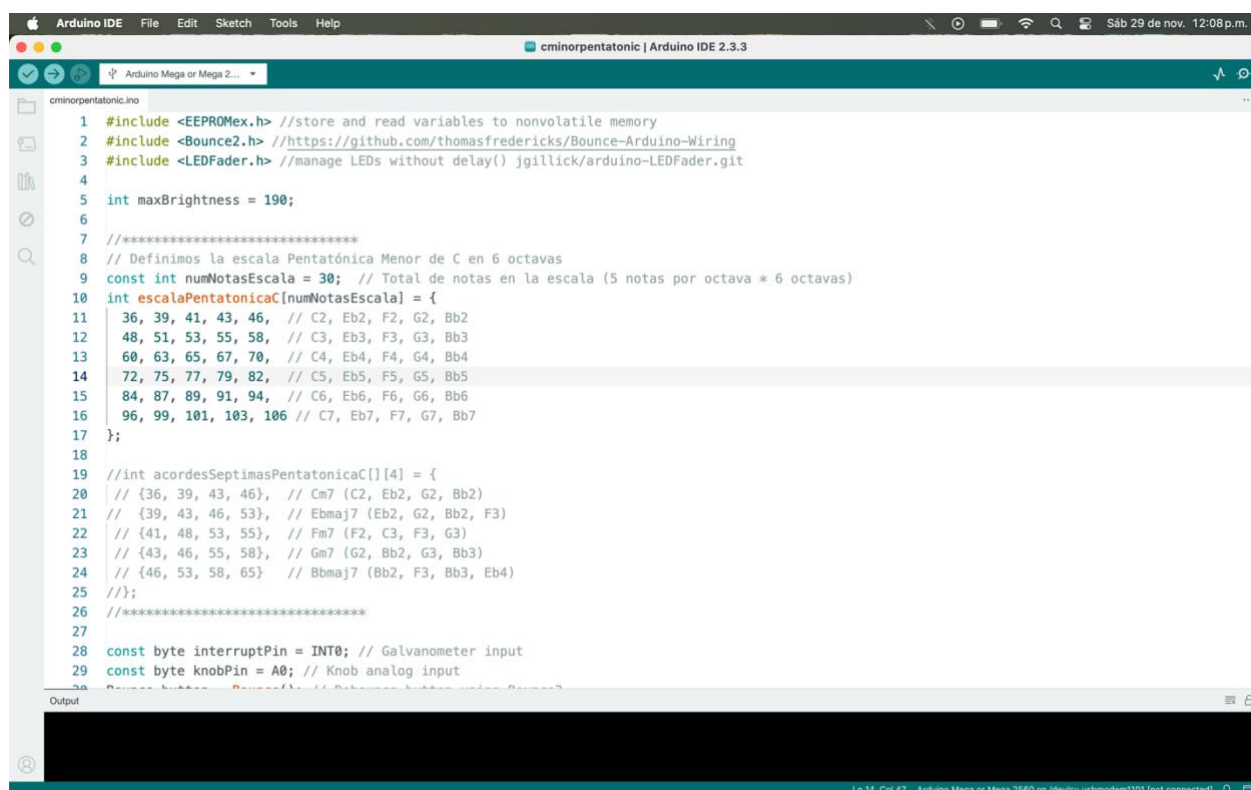


Figura 7

Evidencia de grabación de las señales producidas por las plantas.

Nota. Elaboración propia.

Durante la etapa de prueba se definió que las plantas operarían dentro de la escala pentatónica menor de C (do menor pentatónica). Esta decisión técnica se fundamentó en la estructura de dicha escala, caracterizada por la ausencia de intervalos disonantes, lo que permite un flujo melódico coherente al traducir los datos MIDI. La programación en el sintetizador fue ajustada para limitar la salida a las notas pertenecientes a esta escala. De este modo, aunque las plantas generan datos aleatorios, el rango tonal mantiene una coherencia perceptiva en cada pieza.



```

1  #include <EEPROM.h> //store and read variables to nonvolatile memory
2  #include <Bounce2.h> //https://github.com/thomasfredericks/Bounce-Arduino-Wiring
3  #include <LEDfader.h> //manage LEDs without delay() jgillick/arduino-LEDfader.git
4
5  int maxBrightness = 190;
6
7  //*****
8  // Definimos la escala Pentatónica Menor de C en 6 octavas
9  const int numNotasEscala = 30; // Total de notas en la escala (5 notas por octava * 6 octavas)
10 int escalaPentatonicaC[numNotasEscala] = {
11   36, 39, 41, 43, 46, // C2, Eb2, F2, G2, Bb2
12   48, 51, 53, 55, 58, // C3, Eb3, F3, G3, Bb3
13   60, 63, 65, 67, 70, // C4, Eb4, F4, G4, Bb4
14   72, 75, 77, 79, 82, // C5, Eb5, F5, G5, Bb5
15   84, 87, 89, 91, 94, // C6, Eb6, F6, G6, Bb6
16   96, 99, 101, 103, 106 // C7, Eb7, F7, G7, Bb7
17 };
18
19 //int acordesSeptimasPentatonicaC[][4] = {
20 // {36, 39, 43, 46}, // Cm7 (C2, Eb2, G2, Bb2)
21 // {39, 43, 46, 53}, // Ebmaj7 (Eb2, G2, Bb2, F3)
22 // {41, 48, 53, 55}, // Fm7 (F2, C3, F3, G3)
23 // {43, 46, 55, 58}, // Gm7 (G2, Bb2, G3, Bb3)
24 // {46, 53, 58, 65}, // Bbmaj7 (Bb2, F3, Bb3, Eb4)
25 //};
26 //*****
27
28 const byte interruptPin = INT0; // Galvanometer input
29 const byte knobPin = A0; // Knob analog input
30

```

Figura 8

Evidencia de programación de código en Arduino con escala de do menor pentatónica en 6 octavas.

Nota. Elaboración propia.

Los parámetros de modulación, envolvente, resonancia y filtro fueron preajustados de acuerdo con la naturaleza de cada planta, garantizando un carácter sonoro distintivo por especie.

Esta etapa se apoyó en referentes teóricos como Pierre Schaeffer, quien planteó el concepto de objeto sonoro y la posibilidad de componer a partir de cualquier fuente acústica. Del mismo modo, se retoman las ideas de la música experimental y el arte sonoro contemporáneo, donde la composición emerge de la interacción entre sistemas naturales y tecnológicos.

Los planteamientos del colectivo *Interspecifics*, centrados en la exploración de organismos vivos como agentes activos dentro de procesos creativos, influyeron directamente en la decisión metodológica de trabajar con plantas vivas como fuente de generación sonora. A partir de esta aproximación, el proyecto estableció un vínculo con los desarrollos de Sam Cusumano en torno a la sonificación de biodata vegetal, adoptando como referente técnico la construcción de un dispositivo capaz de traducir variaciones bioeléctricas en eventos MIDI. Esta influencia se materializó en la configuración del sistema de sonificación, particularmente en la selección de una escala pentatónica menor de Do distribuida en seis octavas, utilizada como conjunto tonal para la generación de las notas.

En coherencia con estos referentes, se tomó la decisión metodológica de realizar registros independientes a partir de tres especies vegetales distintas, asignando a cada una un track específico dentro del EP. En el plano estético y tímbrico, esta decisión permitió explorar la diferenciación sonora a partir de registros graves, medios y agudos, seleccionando tres configuraciones sonoras

correspondientes a dichos rangos, en función de las características del material generado por cada planta.

La práctica metodológica del proyecto adopta estas influencias para proponer una variación: sustituir el carácter expositivo del bioarte por un proceso de registro musical estructurado en formato EP, en el que las plantas asumen la autoría interpretativa de la obra.

Producción: Del dato al sonido

La etapa de producción correspondió al proceso en el que los datos bioeléctricos capturados de las plantas se transformaron en materia sonora organizada. Este momento metodológico abarca la programación, el registro, la conversión de datos, la interpretación de los impulsos eléctricos y la generación de las composiciones que conforman el EP. Se centra en el tránsito de la señal biológica al sonido audible y en las decisiones técnicas que posibilitaron su estructuración en piezas musicales completas.

El proceso inició con la configuración del código Arduino utilizado para traducir las variaciones de voltaje en mensajes MIDI. Este lenguaje de programación permitió establecer la frecuencia de muestreo, los umbrales de activación y la escala tonal que guiaría la interpretación sonora. Los datos provenientes de Ecos Verdes fueron interpretados como una serie de impulsos eléctricos que, a través del protocolo MIDI (Musical Instrument Digital Interface), se convirtieron en notas y valores de control. Cada impulso eléctrico corresponde a una fluctuación en la conductividad entre los electrodos adheridos a la planta.

El flujo de señal se estructuró en tres etapas: captura, conversión y síntesis. Esta cadena estableció un circuito cerrado entre lo biológico y lo tecnológico, garantizando la coherencia en la transmisión de la información y minimizando la latencia entre la emisión de la señal y su manifestación sonora.

Cada sesión de grabación se realizó en tiempo real, sin intervención humana en la ejecución de notas. Las plantas, a través del sistema de sensores, fueron las únicas responsables de activar los impulsos MIDI que controlaron el sintetizador. El DAW Reaper se utilizó como entorno de grabación, capturando las salidas estéreo de la interfaz Komplete Audio 6 conectada al sintetizador. No se aplicaron procesos de edición durante la grabación, de modo que cada toma constituye un registro directo de la actividad bioeléctrica de la planta.

El proyecto contempla seis piezas derivadas de sesiones independientes y combinadas con *suculenta*, *menta* y *caladium*. Los títulos definitivos de las pistas son:

1. Pulso Vegetal
2. Corriente Vital
3. Luz
4. Fotosíntesis Sonora
5. Diálogo Vegetal
6. Alquimia Sonora

Cada pieza corresponde a una sesión de registro directo sin intervención compositiva humana, con el sintetizador configurado previamente y las plantas actuando como intérpretes a través del sistema de sensores y el flujo MIDI-síntesis.

La documentación del proceso se realizó mediante registros audiovisuales.

El diseño sonoro del proyecto se fundamentó en la idea de que cada planta constituye un registro único de su actividad eléctrica en un momento determinado. En coherencia con ello, la selección de sonidos en el sintetizador Arturia Minifreak buscó reflejar la singularidad de cada sesión.



Figura 9

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 10

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 11

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 12

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 13

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 14

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 15

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 16

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 17

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 18

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.



Figura 19

Evidencia de programación de sonido en sintetizador.

Nota. Elaboración propia.

Para algunas plantas se eligieron pads atmosféricos que permitieran extender la resonancia y amplitud de las señales, mientras que en otras se emplearon secuencias rítmicas o texturas pulsantes. Los sonidos utilizados provinieron tanto de presets preexistentes del sintetizador como de variaciones editadas mediante ajustes en reverberación, delay y automatización de filtros, procurando un balance entre registros graves, medios y agudos dentro del espectro sonoro.

La propuesta estética no partió de un referente musical preestablecido, sino de una búsqueda empírica y exploratoria orientada por la propia respuesta bioeléctrica de las plantas. En este sentido, la construcción sonora emergió del comportamiento biológico de los organismos vivos y no de estructuras musicales preconcebidas. La obra se sitúa, por tanto, en el campo del arte generativo, donde la sonoridad se configura como resultado de la interacción entre materia viva y dispositivo tecnológico.

Las plantas, al responder a su entorno, determinaron las variaciones rítmicas y tonales que constituyen cada pieza, haciendo que los resultados sean únicos e irrepetibles. Aunque se reconocen antecedentes conceptuales en los trabajos de Sam Cusumano y Data Garden (MIDI Sprout / PlantWave), estos se asumieron únicamente como referentes teóricos y no como modelos sonoros imitables. La sonoridad de Alquimia Sonora Vegetal surge del diálogo entre los impulsos eléctricos naturales y la síntesis electrónica, conformando un paisaje en el que convergen organicidad, tecnología y contemplación.

A nivel estructural, se propuso la mezcla de tres líneas melódicas diferenciadas, generadas respectivamente por las señales de la suculenta, la menta y el caladium, las cuales se combinaron en las piezas conjuntas para conformar un tejido armónico de carácter experimental. En cada pista se variaron los timbres y configuraciones del sintetizador, modificando y almacenando en su memoria los presets utilizados. De este modo, cada planta conserva un registro sonoro propio, reflejo de su comportamiento eléctrico individual y del momento específico de su interpretación.

Desde una perspectiva analítica, la producción demuestra que la traducción de datos biológicos en sonido implica una forma de colaboración interespecie mediada por tecnología. Cada especie presentó un patrón distintivo de comportamiento eléctrico, lo que se tradujo en variaciones

musicales diferenciadas: la *suculenta* generó señales estables, la *menta* respuestas rápidas e irregulares y el *caladium* alternancias intermitentes entre silencio y actividad.

El resultado de esta etapa fue la obtención de seis registros sonoros completos, derivados directamente de la actividad bioeléctrica de las plantas seleccionadas. En relación con el objetivo general —explorar nuevas formas de creación musical a partir de la traducción de datos biológicos—, la producción confirmó la posibilidad de concebir las plantas como intérpretes activas.

Postproducción: De la mezcla al máster

La fase de postproducción comprendió las etapas de mezcla, masterización y organización final del material sonoro registrado. Su propósito fue consolidar la coherencia técnica y narrativa del EP, garantizando que las seis piezas mantuvieran una continuidad estética y un equilibrio en sus características acústicas.

Las acciones principales realizadas en esta etapa fueron:

- Ecualización: aplicación de filtros paso alto y paso bajo para limpiar el espectro.
- Compresión: control de la dinámica general utilizando el complemento iZotope Ozone 9 Vintage Compressor.
- Limitación: nivelación final con iZotope Ozone 9 Vintage Limiter para homogeneizar el volumen entre piezas.
- Panorama: ubicación central del sonido principal y distribución lateral de elementos secundarios.

Estos procesos se realizaron en el DAW Reaper, dentro de un flujo de trabajo digital no destructivo. La verificación final se efectuó escuchando las piezas de manera secuencial en diferentes sistemas de reproducción para garantizar la uniformidad del resultado.

El orden definitivo del EP respetó la secuencia cronológica de grabación, mostrando la evolución progresiva del proceso experimental: de la estabilidad inicial de la suculenta a la mayor densidad sonora en las piezas conjuntas.

Durante la revisión crítica se constató que las plantas con menor vitalidad mostraron menor actividad eléctrica, reflejada en densidades sonoras reducidas, como ocurrió con la menta en sus últimas sesiones. Esta observación permitió relacionar el estado fisiológico de la planta con su nivel de producción sonora, aportando un componente empírico al análisis del proceso.

Como resultado, se obtuvo un EP digital completo de seis piezas, con un tiempo total de 17 minutos con 44 segundos, donde cada pista conserva la autenticidad de los datos eléctricos generados por las plantas.

CONCLUSIONES

El proceso investigativo-creativo desarrollado en Ecos Verdes – Alquimia Sonora Vegetal permitió verificar la posibilidad de generar composiciones musicales a partir de la actividad bioeléctrica de las plantas. La traducción de estas señales en datos MIDI, mediante el dispositivo construido, posibilitó la elaboración de un EP compuesto por seis piezas sonoras derivadas de la interacción entre materia viva y tecnología.

Desde el enfoque técnico, la aplicación del Biodata Sonification Kit adaptado al sistema Ecos Verdes confirmó la viabilidad de registrar y convertir microfluctuaciones eléctricas de tres especies vegetales —suculenta, menta y caladium— en información interpretable por un sintetizador. Este procedimiento permitió que las plantas actuaran como fuentes autónomas de datos dentro de un entorno digital controlado, generando respuestas sonoras diferenciadas según las características biológicas de cada especie.

En el ámbito conceptual, el proyecto tomó como referencia la teoría del objeto sonoro de Pierre Schaeffer para trasladar su principio de autonomía del sonido al campo de la bioseñal vegetal. Los registros obtenidos constituyen objetos sonoros independientes de la intervención humana directa, lo que plantea un modelo de composición basado en la relación entre sistemas biológicos y herramientas tecnológicas.

El carácter interdisciplinar del proceso integró tres áreas de conocimiento. Desde la tecnología, se diseñó un dispositivo que convierte señales biológicas en mensajes MIDI; desde la ciencia, se aplicaron mediciones de conductividad vegetal y principios de bioelectricidad; y desde

el arte sonoro, se estructuraron los resultados en piezas musicales organizadas mediante criterios de síntesis y registro. Esta articulación metodológica demuestra la relación funcional entre experimentación técnica, observación empírica y estructuración estética.

En relación con la gestión del fonograma, se realizaron procesos de organización, edición, diseño de carátula y publicación digital del EP. Estas acciones evidencian la necesidad de que los proyectos de investigación-creación incorporen estrategias de producción y circulación que aseguren la trazabilidad completa del resultado sonoro.

El desarrollo del proyecto permitió consolidar la investigación-creación como método aplicable al estudio del sonido desde la práctica artística. La secuencia de experimentación, documentación y análisis evidenció que la práctica puede funcionar como espacio de producción de conocimiento, en el que el resultado sonoro constituye evidencia del proceso de indagación.

El registro audiovisual de las sesiones de sonificación permitió establecer una trazabilidad del proceso y conservar la relación entre dato, sonido y contexto de captura. Este material se consolida como recurso para análisis posteriores y como insumo pedagógico en proyectos que integren biología, arte y tecnología.

La metodología empleada puede articularse con el sector cultural y tecnológico, especialmente en proyectos orientados a la creación de experiencias interactivas, educación ambiental o diseño sonoro aplicado al bienestar. La traducción de datos biológicos a sonido constituye un campo de trabajo con potencial de desarrollo en la investigación sobre arte generativo, estudios de bioseñal y prácticas de sonificación.

Ecos Verdes – Alquimia Sonora Vegetal establece un procedimiento replicable en contextos de creación musical, educación artística y exploración científica. La experiencia integra medición biológica, procesamiento digital y organización sonora, y plantea un marco de trabajo para futuras investigaciones que aborden la relación entre naturaleza, tecnología y producción artística.

Link para escuchar el EP https://open.spotify.com/intl-es/album/6ldhMjgM6Oe5IunJVjBhOY?si=XXpmQlvJS3OHOk9QYpJW_g

Referencias

- Alarcón, X. (2024). *Huellas del aire* [Exposición]. LAB3, Museo de Arte Moderno de Medellín (MAMM).
- Arduino. (s.f.). *Arduino Uno technical reference*. <https://www.arduino.cc/>
- Arts News – Center for the Arts. (2018, julio 30). *Sam Cusumano at Monmouth University Center for the Arts*. <https://www.monmouth.edu/mca/event/sam-cusumano/>
- Auscultare II: Arte sonoro 2009–2014. (2014). Ministerio de Cultura de Colombia.
- Backster, C. (2003). *Primary perception: Biocommunication with plants, living foods, and human cells*. White Rose Millennium Press.
- Bioarte: Arte y vida en la era de la biotecnología. (2006). Editorial Cendeac.
- Cage, J. (1952). *4'33"* [Composición].
- Carsten Nicolai (Alva Noto). (2012). *unidisplay* [Instalación audiovisual]. Museum für Moderne Kunst, Frankfurt.
- Colaboradores de Wikipedia. (2024, noviembre 26). *Ambisónico*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Ambis%C3%B3nico>
- Colaboradores de Wikipedia. (2024, septiembre 11). *Música experimental*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Música_experimental
- Cusumano, S. (s.f.). *Biodata Sonification – Arduino Shield Breadboard Kit v02* [Manual técnico]. Electricity for Progress.
- Data Garden. (2012). *Data Garden Quartet* [Instalación sonora]. Philadelphia Museum of Art.
- Data Garden. (s.f.). *Our story – MIDI Sprout*. <https://www.midisprout.com/our-story>

- Díaz Matajira, J. M., Cuervo Pulido, R., Brianza, A., Quintero, A., Bejarano, C., Vargas, C., ... & Durán, E. (2021). *El arte sonoro en Colombia: Estado del arte*. Bogotá: Universidad Antonio Nariño, Fondo Editorial.
- Duque, A. (2017). *Rarae Aves* [Instalación sonora]. LAB3, Museo de Arte Moderno de Medellín (MAMM).
- Eaglanroad. (2024, enero 2). *Sonido binaural y ambisonics*. Eaglanroad. <https://www.eaglanroad.com/sonido-binaural-y-ambisonics/>
- Electricityforprogress. (s.f.). *GitHub - Biodata Sonification kit using breadboard, for Arduino Uno "Shield"*. GitHub. <https://github.com/electricityforprogress/BiodataSonificationBreadboardKit>
- Eno, B. (1996). *A year with swollen appendices*. Faber & Faber.
- Escallón, D. (2018). *Darién* [Instalación sonora]. LAB3, MAMM.
- Festival Internacional de la Imagen. (2023). *Arte, ciencia y tecnología en diálogo*. Universidad de Caldas. <https://festivaldelaimagen.com/>
- Filimowicz, M. (2019). *Foundations in sound design for interactive media: A multidisciplinary approach*. Routledge.
- Gómez Caballero, C. (2019). *Territorio táctil* [Instalación interactiva]. LAB3, Museo de Arte Moderno de Medellín (MAMM).
- Holmes, T. (2020). *Electronic and experimental music: Technology, music, and culture* (6th ed.). Routledge.
- Interspecifics. (2018). *Micro-Ritmos: Mensajes Bioeléctricos de Medellín*. LAB3, Museo de Arte Moderno de Medellín (MAMM). <https://interspecifics.cc/>
- Iturbide, M. R. (2013). *El eco está en todas partes*. Alias Editorial.

- LAB3 – Museo de Arte Moderno de Medellín. (s.f.). *Laboratorio de creación e investigación en arte, ciencia y tecnología*. MAMM.
- Lowenberg, R., Lifton, J., Wiseman, J., & Zahuranec, T. (1976). *The secret life of plants* [Instalación]. Golden Gate Park, San Francisco.
- MIDI Manufacturers Association. (s.f.). *MIDI 1.0 detailed specification*. <https://www.midi.org/>
- Nauman, B. (2009). *Days* [Instalación sonora]. Tate Modern.
- Nyman, M. (1999). *Experimental music: Cage and beyond*. Cambridge University Press.
- Oliveros, P. (1971). *Sonic meditations*. Smith Publications.
- Oliveros, P. (1988). *Center for Deep Listening*. Rensselaer Polytechnic Institute. <https://deeplistening.rpi.edu/>
- Oliveros, P. (2005). *Deep listening: A composer's sound practice*. iUniverse.
- Paik, N. J. (1971). *TV Cello* [Instalación]. Galería Bonino, Nueva York.
- Parque Explora. (s.f.). *El Exploratorio – Laboratorio Interactivo de Ciencia y Creatividad*. <https://www.parqueexplora.org/>
- PhilArtAlliance. (2014, marzo 19). *An interview with Sam Cusumano, by Deborah Krieger*. Philadelphia Art Alliance Blog. <https://philartalliance.wordpress.com/2014/03/19/an-interview-with-sam-cusumano-by-guest-blogger-deborah-krieger/>
- PlantWave. (s.f.). *Science*. <https://plantwave.com/pages/science>
- Roads, C. (2015). *Composing electronic music: A new aesthetic*. Oxford University Press.
- Ryoji Ikeda. (2005). *data.scan* [Instalación]. Yamaguchi Center for Arts and Media.
- Schaeffer, P. (n.d.). *Tratado de los objetos musicales*. Alianza Editorial, S.A.
- Smalley, D. (1997). Spectromorphology: Explaining sound-shapes. *Organised Sound*, 2(2), 107–126. <https://doi.org/10.1017/S1355771897009059>

Stubbs, D. (2022). *Sonidos de Marte: Una historia de la música electrónica*. Caja Negra Editora.

Tompkins, P., & Bird, C. (1973). *The secret life of plants*. Harper & Row.

Zimoun. (s.f.). *Sound sculptures* [Serie de instalaciones]. <https://zimoun.net/>