

BACKSTER

plantae



Proyecto: «Backster Plantae: Experiencia auditiva- visual que caracteriza la respuesta físico eléctrica de plantas sensitivas bajo estímulos humanos emocionales »

Autor: Daniela Ignacia Collarte Miranda

Profesor Guía: Alejandro Durán

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador

Marzo 2020; Santiago, Chile

Proyecto: «Backster Plantae: Experiencia auditiva- visual que caracteriza la respuesta fisio eléctrica de plantas sensitivas bajo estímulos humanos emocionales »

Autor: Daniela Ignacia Collarte Miranda

Profesor Guía: Alejandro Durán

Tesis presentada a la Escuela de Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al título profesional de Diseñador

Marzo 2020; Santiago, Chile



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

diseño|uc
Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Diseño

Agradecimientos,

Gracias a todos los que me ayudaron e hicieron este proyecto posible.

Gracias a mi familia y amigos por apoyarme, darme motivación a seguir en las buenas y las malas. En especial a mi mamá por ser ella, Sean por creer desde un inicio en mi proyecto, Benja, Berni y Javi por ayudarme y Miguel por la paciencia, tomar mi proyecto como si fuera suyo, el apoyo y amistad incondicional.

Gracias Alejandro Durán por ser un gran docente y amigo impulsándome a seguir mis metas y auto superarme, entregándome conocimiento, rica comida y risas en el camino.

Gracias al equipo de Mantis, Miguel y Mati, por ayudarme, enseñarme y introducirme al mundo de la electrónica, física y ajedrez recreativo.

Gracias a mi fiel compañera de título, Pili, por ser un apoyo incondicional y una de mis grandes amigas.

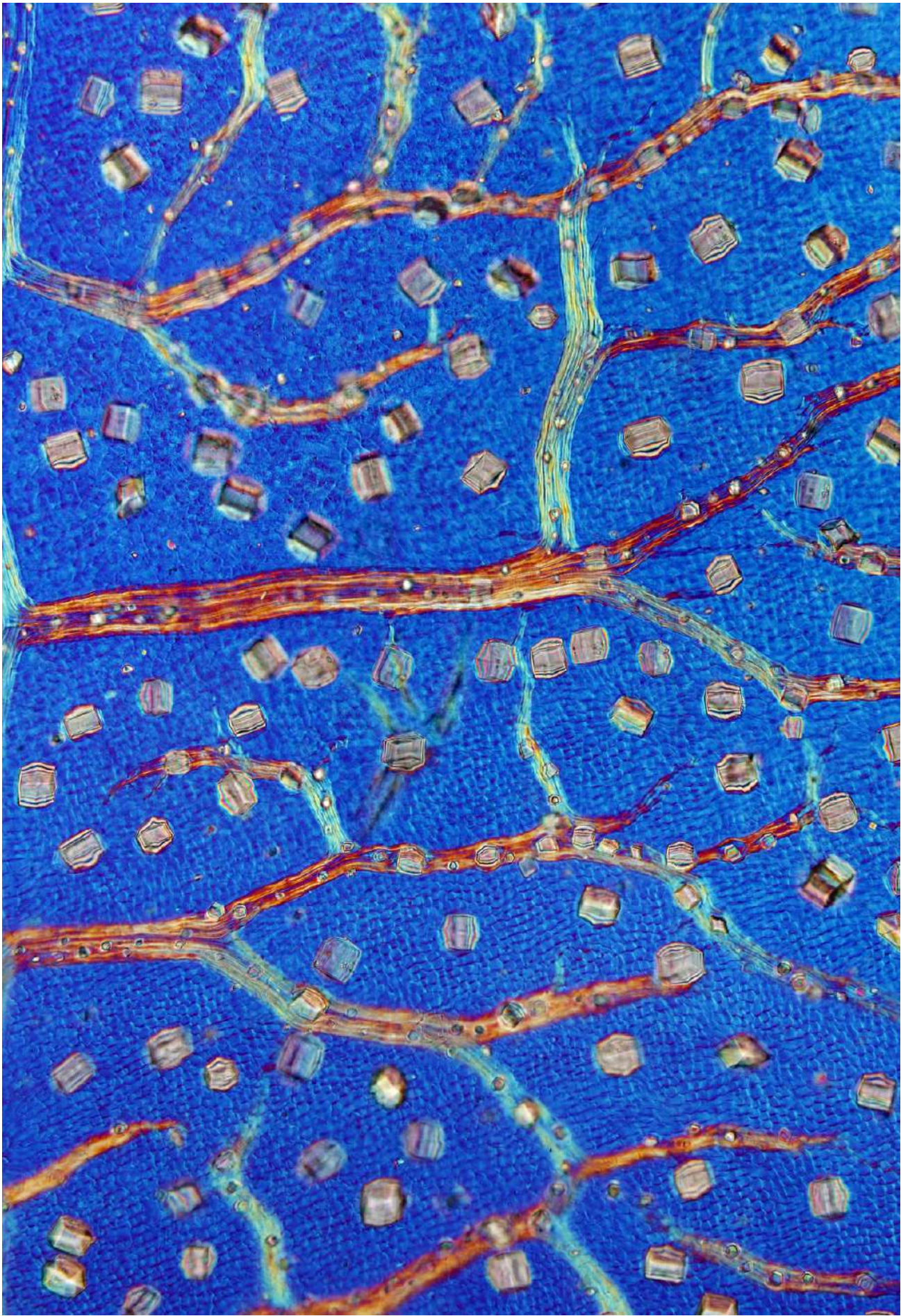
Sobre todo gracias a las sinfonías de Bethoven y versos de Bad Bunny por entregarme inspiración y compañía nocturna.

Gracias.

Tabla de Contenidos

Introducción	8-9
Marco Teórico	12-23
Estado del Arte	24- 33
Tecnología como medio de Percepción Extrasensorial	
Formulación Previa	
Aproximación Propuesta	34- 61
Análisis de Topologías de Plantas	
Análisis de métodos de medición de potenciales EMG	
Análisis de electrodos	
Análisis de Conductores	
Análisis de Aislantes eléctricos	
Formulación de la Propuesta	62- 74
Análisis de Topologías de Plantas	
Qué - Por Qué - Para Qué	
Objetivos Específicos e Indicadores Objetivos Verificables	
Actores: Plantas y Humanos	
Contexto de Implementación	
Propuesta Final	75- 103
Proceso de la Propuesta	
Desarrollo del Circuito	
Medición y Adquisición de Datos	
Codificación y Traducción (Max)	
Conclusiones	106- 109
Referencias bibliográficas	110- 113

« An organism actively creates its Umwelt through repeated interaction with the world. It is not possible to separate mind from the world (matter) because mind makes the world meaningful »



«Fotografía microscópica (100x). Trichodactylus crinitus) produciendo cristales en sus hojas como método de defensa a herbívoros. Imágen por Dr. David Maitland

1Jakob Von Uexküll (1982)

Conocimiento Inter Especie: Una Realidad Enriquecida

La percepción nos permite construir el mundo que entendemos y conocemos, otorgándole significado, realidad condicionada por nuestros órganos sensoriales, (ojos - oídos- olfato- papilas gustativas). Estos establecen las bases de aquello perceptible e imperceptible para el ser humano, junto al significado atribuido a cierto estímulo.

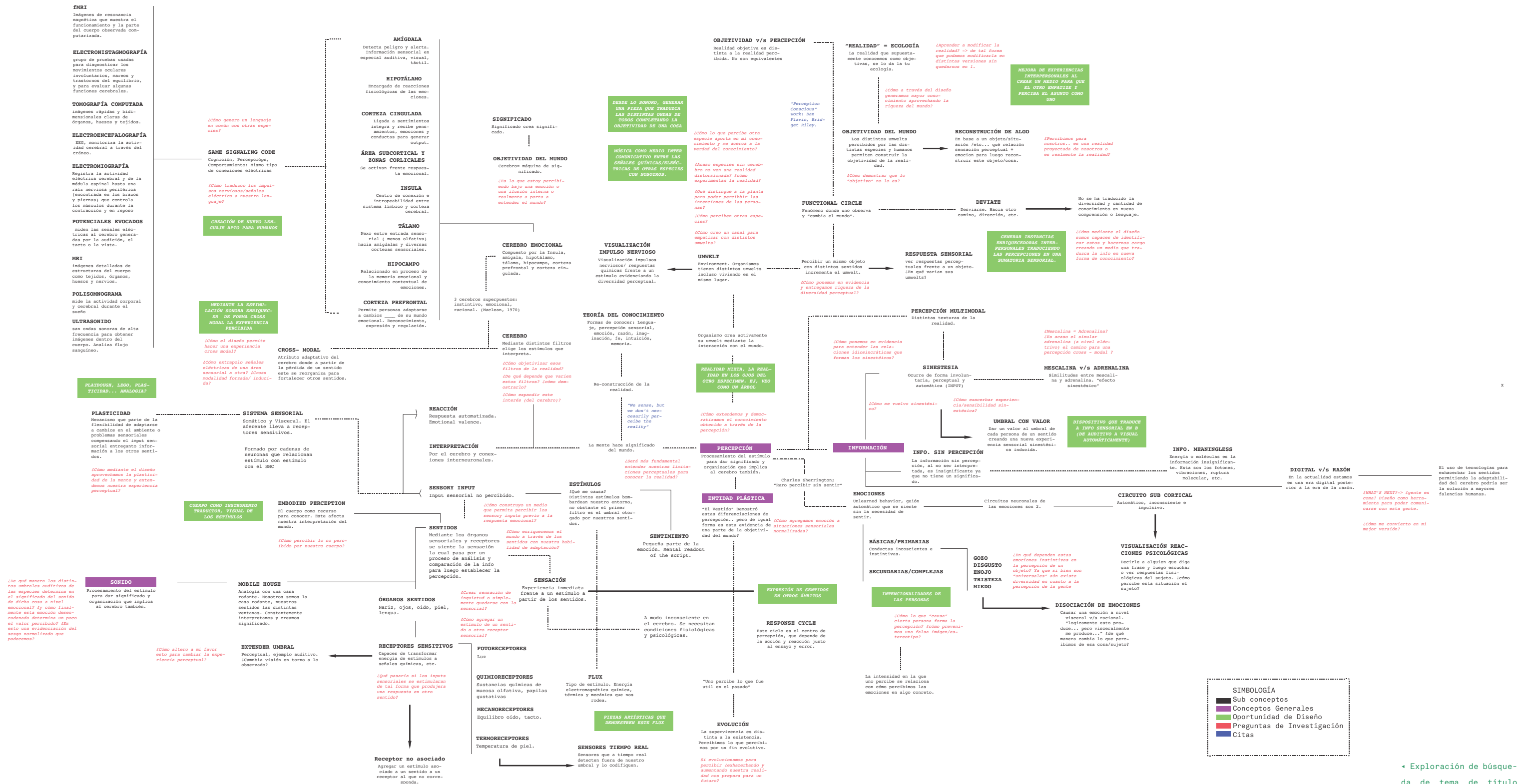
Bajo esta premisa, la realidad que tiene cada organismo es distinta producto al umbral sensitivo que poseen junto al significado otorgado. Por ejemplo; la ecolocalización de los murciélagos que permite que se ubican a través del eco de los sonidos de alta frecuencia que emiten, inaudibles para nosotros. Es por ello que cada especie construye su propia realidad dependiendo de sus capacidades biológicas perceptuales.

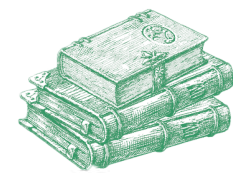
Jakob Von Uexküll (1982) planteó un hecho bastante obvio de cómo los organismos a pesar de vivir en un mismo lugar poseen distintos umwelts (ambiente). Es este ambiente el que nos condiciona a un actuar permitiéndonos interactuar con el mundo entregando un grado de subjetividad a la realidad que conocemos hoy en día.

Por otro lado, la mirada antropocéntrica del ser humano ha dejado en segundo plano el posible conocimiento obtenido de distintas especies como el de las plantas, organismo que por su biología y estructura se ha considerado como menos complejo. No obstante, es esta falsa creencia de complejidad, lo que abre paso a esta investigación, ahondando en formas distintas de vida, comprendiendo la riqueza perceptual que poseen las plantas junto a los beneficios que podría entregar una mirada inter especie, permitiéndonos dialogar y exacerbar nuestros sentidos por medio del estudio del comportamiento de las plantas.

Bajo esta misma línea surge la investigación, buscando aproximarse y captando aquello imperceptible por nuestros sentidos.

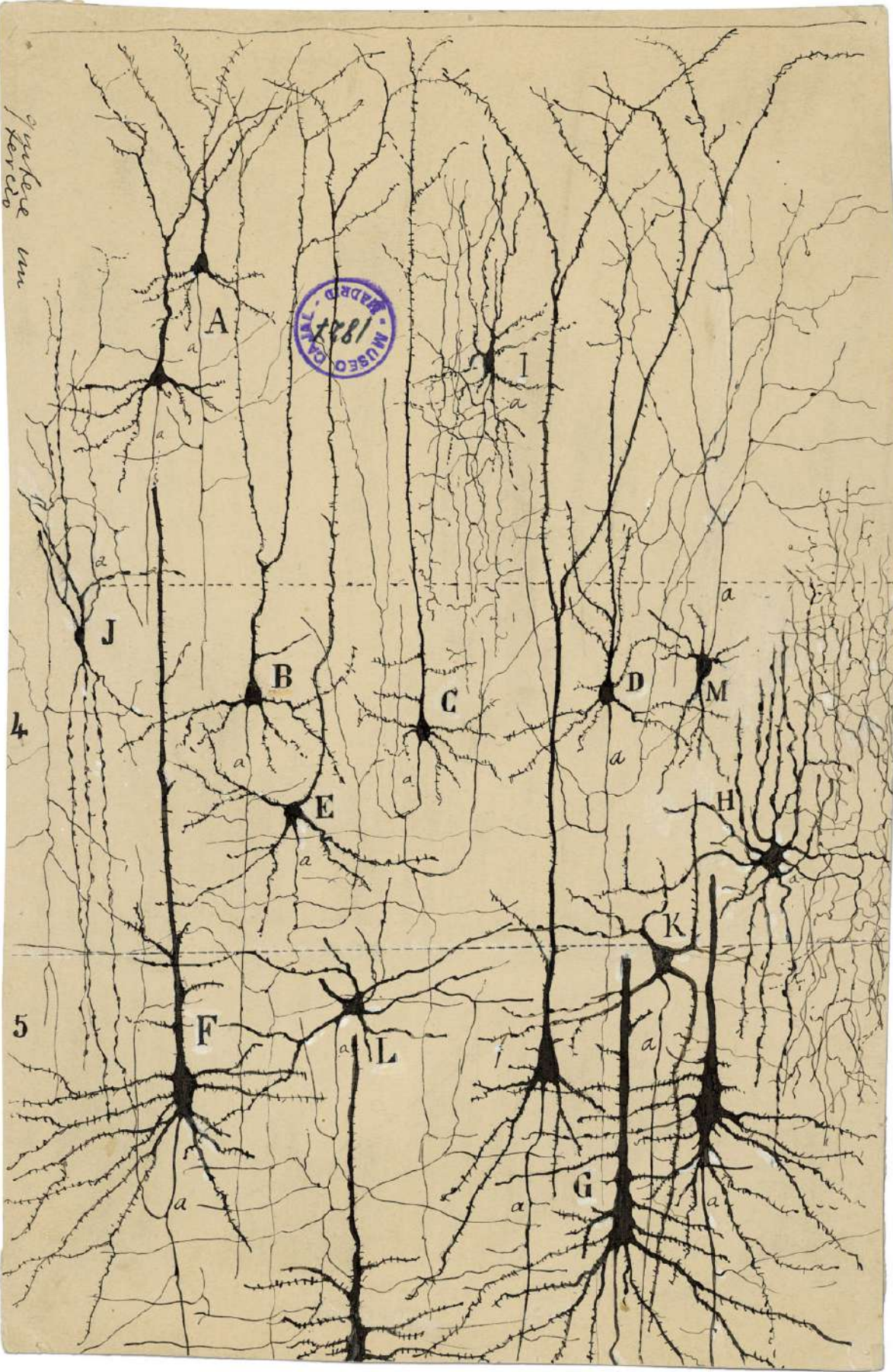
Extiende la invitación a explorar e introducirse al mundo de la neuro botánica, comprendiendo que los límites son infinitos, conociendo un poco más de lo que llamamos realidad.





CAPÍTULO 1

Marco Teórico



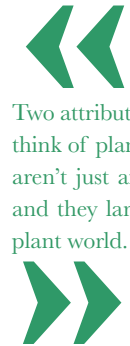
Reino Plantae:

Comportamiento de las Plantas: Un Organismo Inteligente

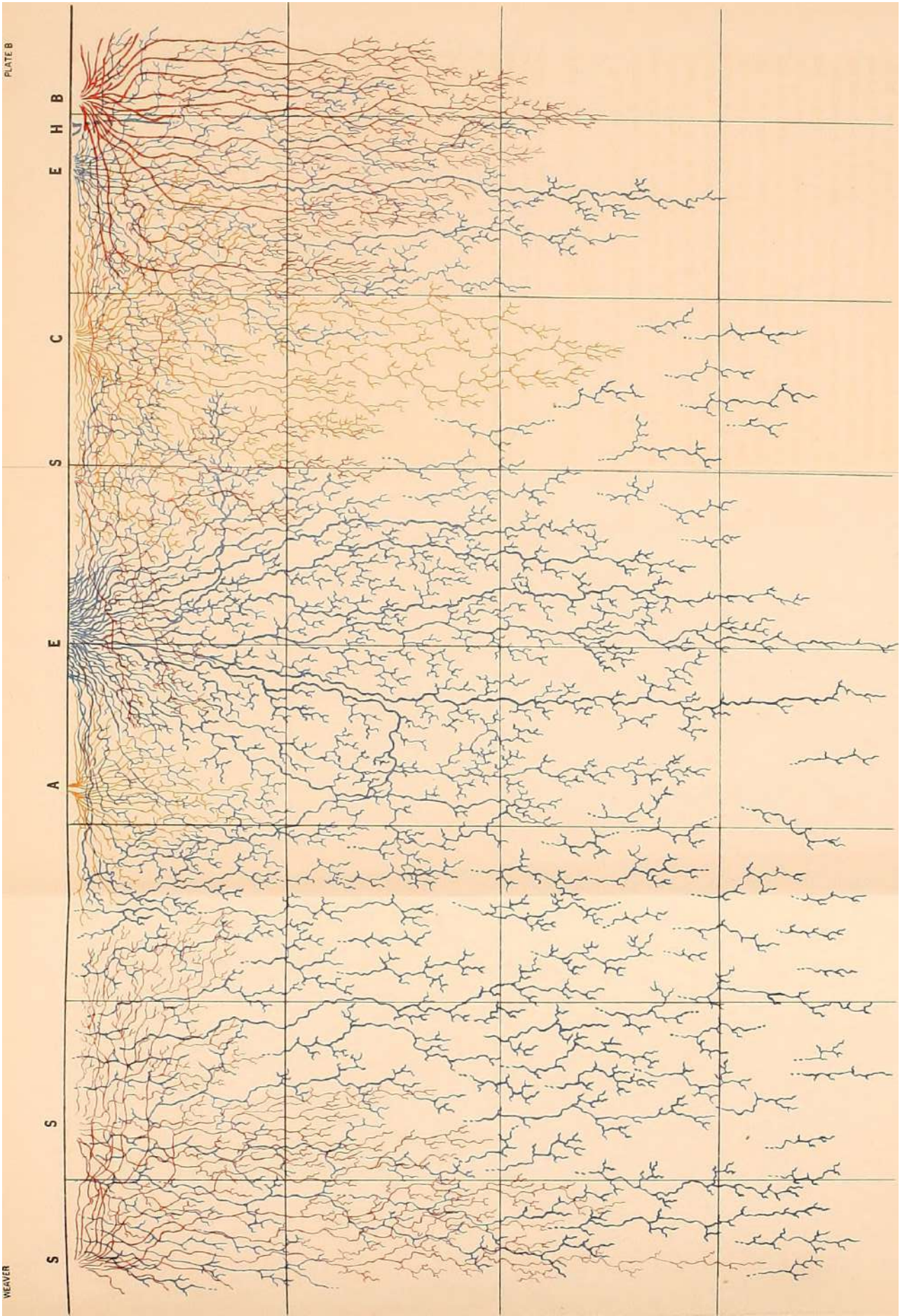
• Ilustración de neuronas. Hecho por el ilustrador español Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)

Por mucho tiempo las plantas han sido consideradas como organismos de comportamiento simple debido a su carencia de sistema nervioso central. (Silvertown & Gordon 1989). No obstante estudios han demostrado como las plantas exhiben los mismos tipos de comportamiento que organismos complejos como los animales (Karban 2008) e incluso con los del ser humano. Es esta complejidad del comportamiento que categoriza a la planta como organismo inteligente, ya que permite modificar una conducta a partir de los aprendizajes previos. Esta aseveración ocurre en los humanos, donde por mucho tiempo se atribuyó la capacidad cognitiva de memoria y aprendizaje algo intrínseco de esta especie, pero la realidad ha demostrado que, en el caso de las plantas, estas también poseen este tipo de capacidad pudiendo así evolucionar y trascender. Dentro de estas habilidades cognitivas se ha visto como las plantas logran condicionar su comportamiento a partir de experiencias previas, anticiparse a cambios en el ambiente e incluso comunicarse a través de códigos y señales permitiendo así modificar su conducta. (Karban 2008)

Es esta diferencia substancial del mundo de



Two attributes come to mind instinctively when we think of plants: immobility and insentience. These aren't just any qualities, but very particular ones, and they largely determine our estimation of the plant world.



Reino Plantae:

Comunicación en Plantas

◀ Detalle de los líquidos, geles y utensilios de aplicación experimentados. Registro de la alumna Daniela Collarte

La comunicación es el traspaso de información que ocurre en distintos niveles; desde el interior del organismo al exterior, junto con el traspaso dinámico de contenido con otras especies. Este fenómeno puede ser de carácter hormonal, químico, hídrico, eléctrico, entre otros.

Este traspaso de información sucede gracias a las diversas capacidades perceptuales de los organismos con el entorno como son la visión, tacto, olfato, gusto y audición mediante los órganos perceptuales que son los ojos, manos, nariz y papilas gustativas. Si bien las plantas no poseen de estos, estudios han demostrado como poseen por sobre 15 sentidos perceptuales (Mancuso 2015) incluyendo los mismos sentidos humanos demostrando como la percepción trasciende el paradigma de un determinado órgano asociado a la percepción. Son estos sentidos que permiten recolectar información y orientarse en el mundo siendo en el caso de las plantas, diversos parámetros que considerar a la hora de actuar. Se debe tener en cuenta, que, si bien se tratan de sentidos perceptuales, esto funcionan bajo los parámetros y naturaleza de las plantas, manteniendo los principios de los sentidos, pero funcionan-

do de forma distinta.

En el mundo Plantae, la facultad de observar va relacionado a la capacidad de identificar sombras con luz reconociendo incluso la calidad de luz mediante su longitud de onda. Estos receptores luminosos se encuentran en toda su estructura, pero mayoritariamente en sus hojas. Estudios relacionados al estrés de los cambios de luces en el crecimiento, forma, y nutrientes ha demostrado esta capacidad "visual" que poseen. Por otro lado, la sensibilidad que estos organismos tienen para oler es difusa, pues son capaces de identificar químicos volátiles a lo largo de toda su estructura. La capacidad de olfato la tienen con el fin de transmitir avisos de peligro, atracción o repulsión dependiendo del estímulo esta sucede bajo la transmisión de moléculas llamadas compuestos volátiles piogénicos que permiten entregar mensajes precisos de información respecto a lo que se quiere comunicar. (Mancuso et al.2015) Según estudios, este tipo de moléculas es complejo de decodificar dada al alto contenido que cada una tiene, siendo la analogía de la pluralidad de varios acentos en suma de la voz.

Respecto al gusto que las plantas poseen, este se percibe bajo cambios minúsculos de gradientes químicas tanto en la tierra con las raíces junto al comportamiento carnívoro de las plantas de esa topología. Cabe mencionar que esta especie esta cubierta de canales mecánico-sensitivos evidenciada por la apertura y cierre de estomas y flores, junto al movimiento de hojas de plantas altamente sensibles como lo son las Venus Flytrap o la Mimosa Púdica. A diferencia del ser humano, la planta también posee un sentido difuso a lo largo de toda su estructura, teniendo miles de sensores auditivos. Esto permite que pueda escuchar a través de kilómetros en la tierra. Esto se ha evidenciado por la alta influencia de estudios de música en las plantas demostrando la sensibilidad que tienen a sonidos de baja frecuencia. (Moreno et al. 2017) Esto además del sentido de medir precisamente la humedad de la tierra, detectar la gravedad y campos electromagnéticos.

Se podría considerar que existe una gran oportunidad de entender el mundo a través de las experiencias y construcción del mundo de las plantas, dado a la dominancia existente en el mundo junto a su prevalencia a lo largo de la historia del planeta tierra.

No obstante, para fines de investigación se ahondará en la comunicación eléctrica de las plantas y su electrofisiología ya que son estas señales las que permiten una comunicación a corta y larga distancia interactuando entre la misma y con otras especies. (Hassanien et al., 2014)

• Detalle Mimosa Púdica.

Registro de la alumna

Daniela Collarte



Two attributes come to mind instinctively when we think of plants: immobility and insentience. These aren't just any qualities, but very particular ones, and they largely determine our estimation of the plant world.



1





Reino Plantae:

Comunicación Eléctrica: Electrofisiología en Plantas

◀ Imágen personal Las Cruces. Registro de la alumna Daniela Collarte

Este fenómeno se ha evidenciado desde los inicios de la Fisiología Vegetal siendo Darwin (1875) , Sadernson (1873) los primeros en demostrar este tipo de comunicación. (Badilla y Gurovich, 2010) permitiendo la alta adaptabilidad y evolución de las plantas a lo largo de la historia.

Se considera que las señales eléctricas como una de las propiedades más universales de los seres vivos (Badilla y Gurovich, 2010) creyéndose que la evolución surge de la necesidad de transmisión de información fisiológica entre los diferentes órganos de la planta.(Volkov, 2006; Ksenzhek y Volkov, 1998; Muller et al., 2006). Esto refleja cómo las señales eléctricas son una señal crítica que refleja la respuesta de la planta a un cambio ambiental (Martynenko,2000) coordinando y regulando respuestas internas y externas como modo de supervivencia. (Lauter et al., 2005).

Es evidente que las bases neuronales eléctricas del ser humano y la de las plantas actúan bajo los mismos principios demostrando la existencia de un posible dialogo dada a las mismas bases electrofisiológicas siendo la oportunidad de la presente propuesta.

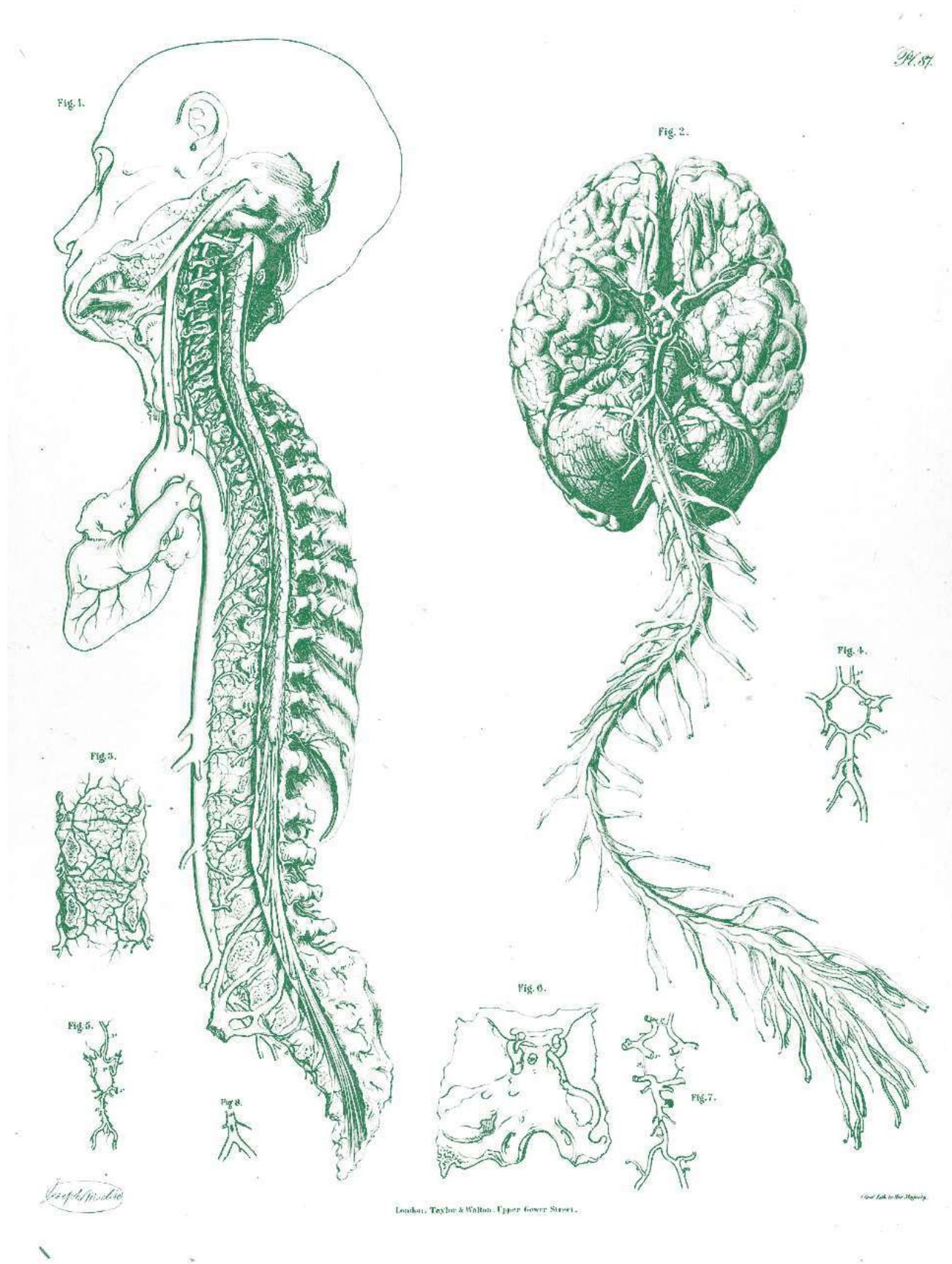
Cabe mencionnar que dentro de laas eseñalees eléctricas encontramos las siguientes:

POTENCIAL DE ACCIÓN (AP) “ley de todo o nada”. Pulsos que se propagan rápidamente a lo largo de toda la planta a una amplitud y pulso constante

POTENCIAL VARIABLE (VP) Señales eléctricas de propagación lenta que se propagann a lo largo de toda la planta. Esta tiene un rango amplio de pulsos de variación, que varía según la intensidad del estímulo, y su amplitud y velocidad decrece a medida que aumenta la distancia desde el sitio de generación (Trebacz & Zawadzki, 1985; Stankovic et al., 1998; Szarek & Trebacz, 1999; Dziubinska et al., 2001, 2003; Pyatygin, 2008)

POTENCIAL ELÉCTRICO LOCAL (LEP) Indica el cambio local del estímulo bajo los cambios por condiciones ambientales como la tierra, agua, luz, aire entre otros. (Lou, 1996; Leng, 1998;Wang et al.,2001; Huang & Wang ,2002;Hu,2003;Pyatygin et al., 2006)

Para fines de la investigación se trabajo con los potenciales de acción dado su rapidez y si posibilidad de medirlo en distintas partes de la planta.



Homo Sapiens

Emociones: Un Canal Perceptual

• Ilustración científica de Sistema Nervioso. Hecho por el ilustrador Joseph Pierre Redouté (1759-1840).

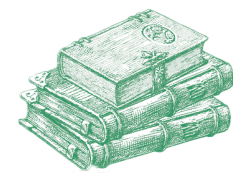
Muchos investigadores científicos han demostrado como la emoción juega un rol fundamental en la evolución del ser humano, siendo fundamental en el actuar frente a estímulos de la persona. Incluso se habla de que la emoción posee una base biológica e universal, lo que se ve reflejado en patrones de comportamiento del ser humano.

Frijda (1986) propuso una serie de etapas respecto al desarrollo de una emoción; evaluación, valoración del contexto, preparación para la acción, expresión y acción. Tomando en cuenta esta premisa se puede establecer como la emoción es fundamental en el proceso perceptual del ser humano, ya que condiciona la toma de decisiones junto a la connotación que se le entrega a determinado estímulo. Bajo esta misma línea, Darwin propuso una taxonomía de las expresiones emocionales, y supuso que cada emoción es un estado discreto, reconocible por una expresión, a veces por una acción, a veces como en el caso de las lágrimas o la transpiración, por un hecho fisiológico. El término "expresión" indica algo interno que se exterioriza, se "expresa". (Oatley et al.,) No obstante, la emoción no se puede encasillar solamente en una base universal y biológica, puesto que se

ha investigado como esta depende también de factores sociales, culturales y propios de la persona. Mismo hecho que entrega una riqueza perceptual frente a distintos estímulos, ya que potencia la teoría los distintos ambientes creados por distintos individuos.

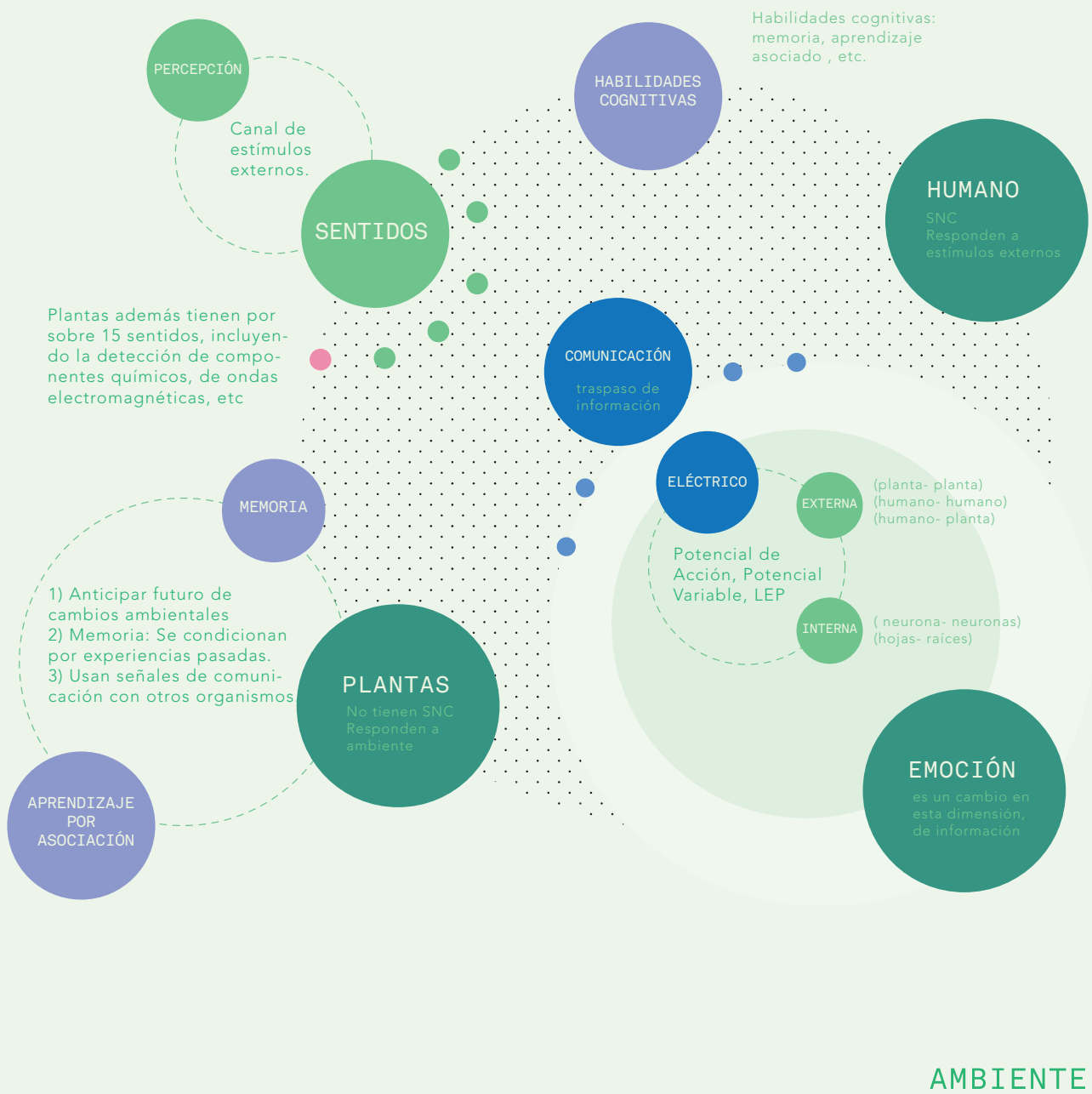
Si bien no existe una universalidad respecto a las emociones, de alguna forma se puede tomar las reacciones y expresiones emocionales desde su forma más primitiva analizando los cambios fisiológicos. Tomkins (1962) estableció el conjunto de respuestas musculares y glandulares distribuidas en el cuerpo bajo una emoción permitiéndonos así establecer las bases para la exploración de estímulos emocionales. Esto en suma de lo propuesto por James (1984) que predijo los cambios fisiológicos específicos asociados a una emoción específica. Esta activada por cambios cardíacos, respuesta galvánica, temperatura facial entre otras formas.

Para ello, en la presente investigación se toman en cuenta modelos de reacciones fisiológicas de emociones básicas; con el fin de controlar este estímulo perceptual frente a las plantas.



CAPÍTULO 2

Estado del Arte



Comunicación Inter Especie: Plantas y Humanos

◀Esquema resumen de las temáticas abordadas. Hecho por la alumna Daniela Collarte.

El lenguaje es algo intrínseco del ser humano estando desde los inicios evolutivos de este el cual se cree que emergió a partir de la transmisión cultural, aprendizaje individual y la evolución biológica. (Christiansen and Kirby 2003). A pesar de no tener nociones exactas de los inicios del lenguaje, se tiene certeza que es una herramienta que permite transmitir y comunicar aprendizajes.

Si bien se cree que el lenguaje es meramente humano, esto no se puede categorizar en solamente una especie puesto que es más complejo que eso. Para ello, se entenderá el lenguaje como algo propio de todo organismo y su ambiente resultando ser una herramienta básica para actuar frente a los distintos estímulos percibidos. (Wilson and Golonka 2013)

Bajo esta definición existen lenguajes fuera de nuestro espectro perceptual como lo es en el caso de las plantas, que tienen un lenguaje de formas, colores, químicos volátiles (Raguso 2008) y la capacidad de responder en sonidos. (Gagliano et al. 2012; Gagliano 2013; Appel and Cocroft 2014) Constantemente las plantas transmiten contenido rico ya sea para captar a abejas para su polinización como su respuesta defensiva frente a herbívoros. Son estas interacciones que comunican mediante potenciales eléctricos información con el fin de traspasar contenido entre partes de sí misma, con otras

plantas, insectos y animales; transformando su comportamiento a medida que van adquiriendo aprendizajes co- evolutivos en base a la retroalimentación de estímulos que reciben. (Gagliano et al. 2014)

En base a lo mencionado anteriormente, es como se define lenguaje y comunicación entre plantas, una forma de traspasar información entre organismos mediante el aprendizaje y condicionamiento de las respuestas; por ello se plantea un estudio y análisis de respuestas fisis elctricas frente a estímulos emocionales con el fin de establecer consensos entre un lenguaje y el otro. Son estos códigos y señales internas las que permiten abrir paso a una exploración y codificación del lenguaje "invisible" de las plantas a audible y visible para el ser humano.



Tecnología como Medio de Percepción Extra Sensorial

«Cymatics, proyecto de Evan Grant, visualización de distintas frecuencias de agua buscando entender los patrones de la naturaleza. Obtenidas del portafolio de Evan Grant.

La tecnología ha evolucionado de tal forma, que ha tenido como objetivo desarrollar mecanismos de inteligencia artificial con el fin de detectar, concientizar ciertos fenómenos humanos. Por otro lado, se ha hecho cargo de permitir que el ser humano trascienda sus límites biológicos perceptuales, pudiendo exacerbar y enriquecer su experiencia con el entorno. Este mismo interés perceptual, de querer enriquecer la realidad, lo que crea una oportunidad puesto que, si bien el ser humano se ha hecho cargo de la percepción humana, aun no existe un uso de esta para comprender y dialogar con otras especies.

Es esta herramienta junto al diseño lo que permite ir fuera de los límites de nuestra biología junto a la similitud de la electrofisiología humana y planta pudiendo así superar los paradigmas actuales de una especie inmóvil e inerte y evolucionar hacia una dialogo inter-especie. Concibiendo las bases para la construcción de un mundo enriquecido perceptualmente aprovechando así los organismos que nos rodean.

A continuación una serie de referentes tecnológicos que se basan en la búsqueda de visibilizar o transformar algo imperceptible para el ser humano.

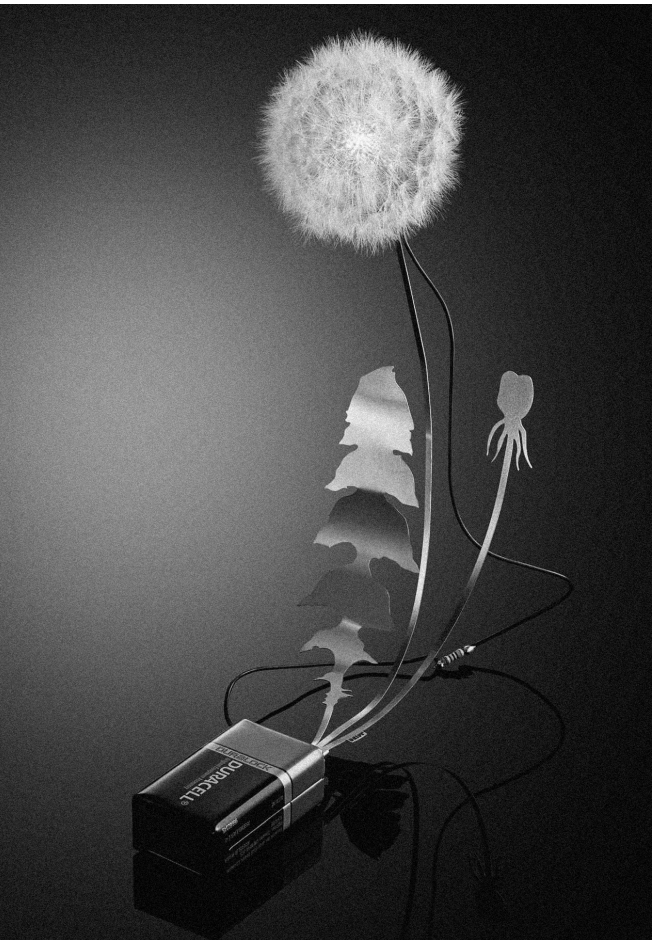


► Studio Drift Dandle-light; diseño especulativo de escultura que muestra relación utópica entre la tecnología y plantas. Obtenidas de Studio Drift.

► Proyecto Gravity Harp de Andy Cavortata para Björk. Este proyecto consistió en demostrar un fenómeno natural mediante un instrumento musical. Registro obtenido del portafolio de Andy Cavortata.

► Neosensory desarrollado por David Eagleman et al. (neurocientífico). Busca crear nuevas experiencias perceptuales. Este reloj genera vibraciones a partir de lo inaudible. Obtenido de la página oficial Neosensory.

► Imágenes del proyecto Biogenesis de Philip Klawitter. Este consiste en la construcción de máquinas escultóricas para observar donde nuestros sentidos no llegan mediante el registro de micro planetas. Obtenidas del portafolio de Philip Klawitter.





Formulación Preliminar del Proyecto

«Visita a la Casa y la Planta. Registro de la alumna Daniela Collarte

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿De qué forma se podrían aprovechar las capacidades perceptuales de la planta para el control, detección de ciertos fenómenos humanos?

¿Cómo el comportamiento fisio eléctrico de las plantas permite entender fenómenos humanos?

HIPÓTESIS

La inteligencia y comunicación de las plantas se ha desarrollado en los últimos 30 años, donde nuevos hallazgos han demostrado las capacidades perceptuales que poseen. Por otro lado, se ha visto como las reacciones emocionales afectan en el recorrido perceptual de las personas lo que demuestra lo influyente que es en la percepción . Esto significa una oportunidad positiva al poder generar un consenso entre reacciones fisiologicas y estímulos que se escapan de nuestro umbral perceptual.

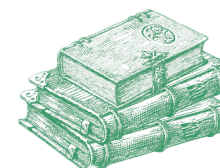
JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta surge por el descubrimiento y valorización de la inteligencia de las plantas, junto al rol que ha tomado la tecnología ex-hacerbando nuestros sentidos de percepción. Buscando aproximarse a un lenguaje interspecie, planta- humano. Esto genera una gran

oportunidad al poder entender otras especies y reunir conocimiento fuera de nuestras capacidades perceptuales explorando aquellos estímulos invisibles como son las emociones humanas. Por ello, la propuesta es del tipo investigación /acción que caracteriza el comportamiento fisio electrico de distintas tipologías de plantas antes estímulos emocionales y propone una traducción audiovisual para la visibilización de esta detección.

RECONOCIMIENTO DEL PATRÓN DE VALOR

Las plantas han demostrado tener una inteligencia a pesar de la carencia de un sistema nervioso central, respondiendo, actuando y comunicándose bajo distintos estímulos ambientales; humedad, clima, existencia de nutrientes e incluso aparición de predadores. Es evidente que tienen un sistema de comunicación que trasciende al individuo, como sucede a través de la rizosfera (redes entre raíces). En consecuencia, han demostrado ser capaces de percibir más allá del canon de naturaleza que impone nuestra capacidad sensorial y perceptual. Hecho que puede permitir el aprovechamiento de las capacidades perceptuales de las plantas con el fin de controlar y detectar ciertos fenómenos humanos, entendiendo de mejor forma nuestro entorno y su relación con él.



CAPÍTULO 3

Aproximación de la Propuesta



Análisis de Topologías de Plantas

• Visita con el Taller Lowtech de Diseño del docente Alejandro Durán a las Cruces. Registro de la alumna Daniela Collarte

Una vez definido el “Reino Plantae” como el protagonista del proyecto se pudo explorar distintas topologías de plantas con el fin de comprender el funcionamiento de estos seres vivientes junto al análisis de su estructura interna como medio de propagación del impulso electrofisiológico. Se investigó acerca de la flora disponible en Chile junto a estudios de electrofisiología en plantas, donde se definieron categorías de selección para la primera medición temprana de potenciales de acción. Varios estudios señalaron que mientras más acuosa su estructura interna, mayor es la propogación del impulso eléctrico. Por ello las categorías señaladas a continuación, fueron las exploradas en esta primera fase.

PLANTAS DE ESTRUCTURA ACUOSA

Hipótesis: Se esperaba que por su estructura interna acuosa, los potenciales electro fisiológicos sean más exacerbados y fáciles de medir.

Variables: Potencial eléctrico de la planta (independiente), lugar de medición;tallo - hoja-tierra (dependiente) y intervalo de medición, ambiente controlado (controlada)

Método: Mediante el uso de un osciloscopio, medir la diferencia de voltajes entre una parte la planta y otra.





◀ Plantas acuosas. Aloe vera, Orejas de Burro. (arriba hacia abajo). Registro de la alumna Daniela Collarte.



Resultados: Resultados más exacerbadados. Efectivamente la medición de las plantas con este tipo de estructura fue de inmediata.

PLANTAS CON FLORES (ANGIOSPERMAS)

Hipótesis: Rango de voltajes en la mitad de los resultados de las plantas repelentes al agua versus las plantas acuosas en su interior.

Variables: Potencial eléctrico de la planta (independiente), lugar de medición; tallo - hoja - tierra (dependiente) y intervalo de medición, ambiente controlado (controlada).

Método: Mediante el uso de un osciloscopio, medir la diferencia de voltajes entre una parte la planta y otra.

Resultados: Resultados menos marcados que la categoría anterior. Además complejidad de adherencia a su estructura debido al tallo y cuidado delicado. Es por ello que estas se descartaron inmediatamente.

PLANTAS REPELENTES AL AGUA

Hipótesis: Bajo voltaje de medición, casi nulo.

Variables: Potencial eléctrico de la planta (independiente), lugar de medición; tallo - hoja - tierra (dependiente) y intervalo de medición, ambiente controlado (controlada)

Método: Mediante el uso de un osciloscopio, medir la diferencia de voltajes entre una parte la planta y otra.

Resultados: Resultados aleatorios dentro de la planta, sin seguir una constante tan marcada. Esto entorpecía la medición ya que era difícil atribuirle un estímulo determinado al voltaje de salida de la planta. Es por ello que también se descartó el uso de esta topología como sujeto de estudio.

PLANTAS CARNÍVORAS SENSITIVAS

Hipótesis: Respuesta rápida electrofisiológica, por ende potenciales más marcados.

Variables: Potencial eléctrico de la planta (independiente), lugar de medición; tallo - hoja - tierra (dependiente) y intervalo de medición, ambiente controlado (controlada)

Método: Mediante el uso de un osciloscopio, medir la diferencia de voltajes entre una parte la planta y otra.

Resultados: Si bien los resultados fueron bastante exacerbadados, en cuanto a la curva del pulso eléctrico, el tiempo entre medición de muestreo entorpecía el proceso ya que al ser una planta tan pequeña esto iba de la mano con potenciales y recuperación iónica más lentas.

PLANTA ALTAMENTE SENSIBLES: MIMOSA PÚDICA

Hipótesis: Respuesta rápida electrofisiológica, por ende potenciales más marcados.

Variables: Potencial eléctrico de la planta (independiente), lugar de medición; tallo - hoja - tierra (dependiente) y intervalo de medición, ambiente controlado (controlada)

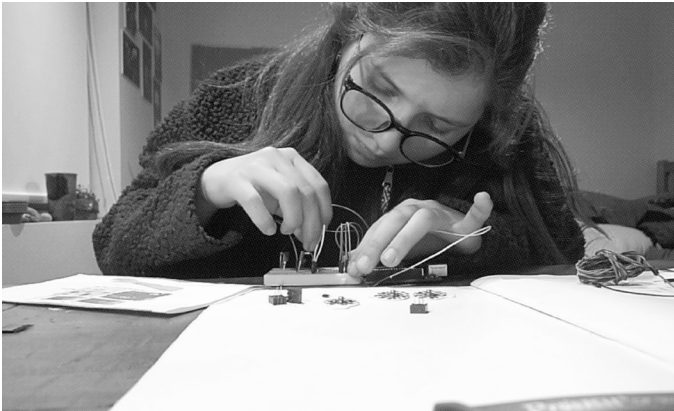
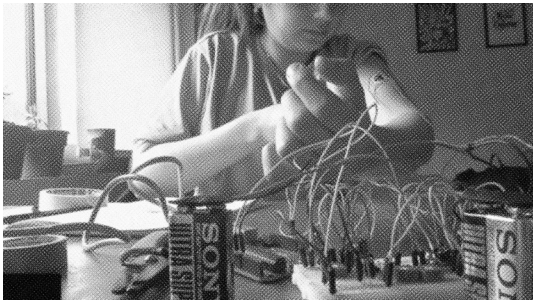
Método: Mediante el uso de un multímetro, medir la diferencia de voltajes entre una parte la planta y otra.

Resultados: Los resultados de la Mimosa Púdica fueron sorprendentemente rápidos, fáciles de medir y provocar, junto con una recuperación iónica rápida (de 15 minutos). Como consecuencia, la tasa de muestreos por intervalo de hora ese mucho mayor que las otras plantas dada a la velocidad que esta ofrece. Por lo demás, el movimiento rápido y sensible que tiene la Mimosa Púdica permite que el atribuir estímulo con potencial de acción se facilite más para la correlación de causa- efecto.

► Plantas sensitivas.

Desde Drosera Capensis, Dionaea Muscipula y Mimosa Púdica (arriba hacia abajo). Registro de la alumna Daniela Collarte





Aproximación del Proyecto

Métodos de Medición de Potenciales Eléctricos

◀ Proceso y experi-
mentación temprana del
circuito eléctrico.
Registro de la alumna
Daniela Collarte

De forma simultánea al análisis anterior, se llevó una investigación encauzada hacia métodos existentes de la medición de potenciales eléctricos en seres vivientes. A partir de estos se evaluó la posibilidad de replicación de los circuitos, la adquisición de datos de cada uno junto a los beneficios eléctricos que cada uno presentaba.

A continuación se describen las herramientas para medir señales eléctricas en humanos y plantas para sentar las bases del circuito eléctrico de la propuesta.

HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN HUMANOS

Electroencefalografía (EEG)

Monitoriza la actividad cerebral a través del cráneo.

Electromiografía (EMG)

Registra actividad eléctrica cerebral y de la médula espinal hasta llegar al sistema nervioso periférico.

Electronistagmografía (ENG)

Evalúa movimientos oculares involuntarios y funciones cerebrales a través de electrodos puestos en los ojos o mediante fotografía infrarroja.

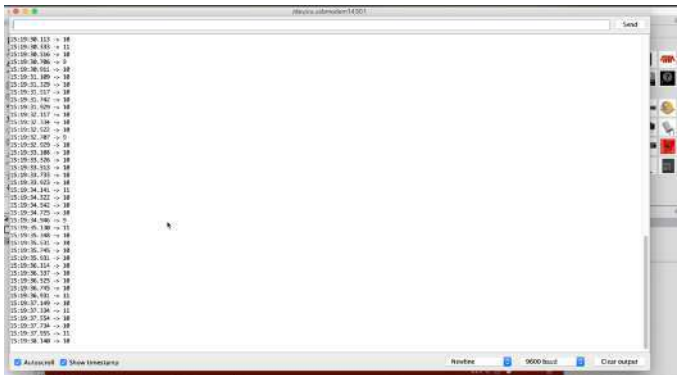
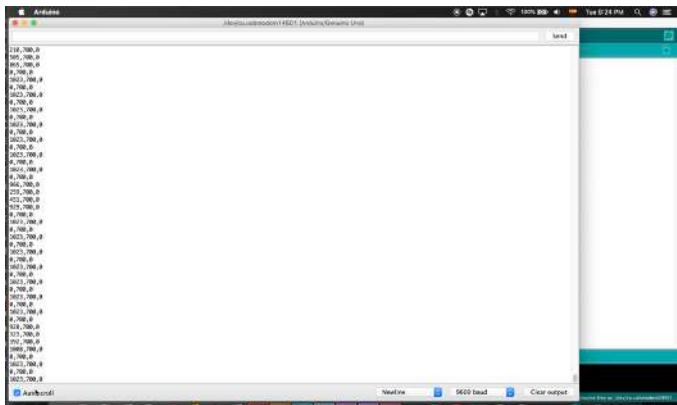
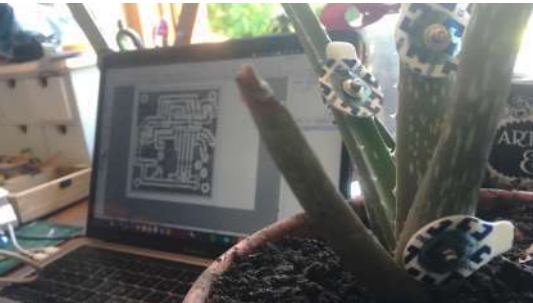
Potenciales Evocados

Miden señales eléctricas del cerebro generadas por la audición, tacto o vista.

Psolisomnograma

Mide actividad cerebral y corporal durante la noche junto a electrodos colocados en el cuero cabelludo, párpados o mentón.

Estas herramientas de medición consisten en un sistema eléctrico que gráfica y almacena los datos mediante el contacto de electrodos, donde su número dependerá del tipo de medición que se está haciendo, junto a un gel que permite el contacto y transferencia de los potenciales de acción. Solamente se diferencian en la duración de la medición junto a la cantidad y ubicación de electrodos que requiere.



◀ Desarrollo y experimentaciones tempranas de los distintos circuitos.(desde arriba hacia abajo, proceso cronológico). Registro de la alumna Daniela Collarte

HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN PLANTAS

Se hizo un levantamiento de referentes respecto a circuitos para la medición de señales eléctricas de las plantas. Estos surgieron de distintas investigaciones de carácter formal, proyectos especulativos y consultoría a expertos. Cabe mencionar, que con cada uno de los circuitos siguientes, se hizo experimentaciones tempranas con distintas topologías de plantas con el fin de sentar las bases para el circuito final.

Backyard Brains - Plant Spikerbox

Empresa que se dedica a desarrollar kits de experimentación temprana en neurociencias. En particular, Plant Spikerbox, es un circuito que mide la diferencia de voltajes de la planta mediante tres electrodos (referencia- medición 1 y medición 2). Funcionalmente es parecido al circuito final, sobre todo a la primera iteración, ya que no cuenta con un sistema de filtro de la señal lo que lo hace menos exacto.

Pulsu(m) Plantae

Este circuito es el equivalente discreto (compuesto por múltiples componentes, contrario a un circuito integrado) a un amplificador de instrumentación. Por lo tanto, cumple la misma función que el circuito utilizado en la primera iteración. Sin embargo, existen razones técnicas por la cual es mejor utilizar un circuito integrado. Principalmente, que el rechazo al modo común de la señal de entrada (CMRR) es mayor en el circuito integrado, producto de la mayor precisión con la cual es posible fabricar resistencias en circuitos integrados. Esto hace que nuestro circuito elimine de mejor forma interferencias externas inducidas en los electrodos, permitiendo medir los pulsos con mayor precisión en el caso de un ambiente con alto ruido electromagnético (como lo son las ciudades).

La resistencia

Se asistió a la Resistencia, comunidad en Ingeniería UC, con el fin de entender los circuitos eléctricos y diseñar uno. A pesar del conocimiento de La Resistencia, este circuito lo único que hace es replicar el voltaje de entrada en la salida, y su funcionamiento sería el mismo sin

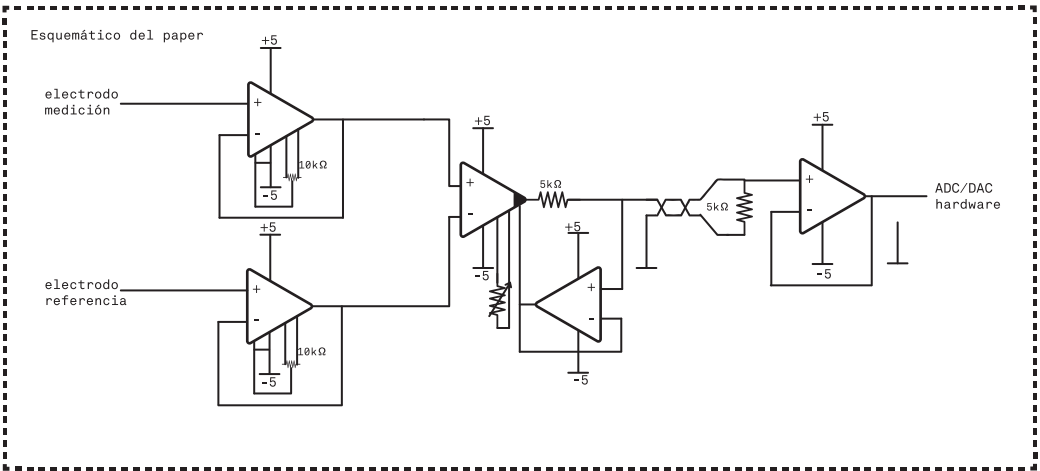
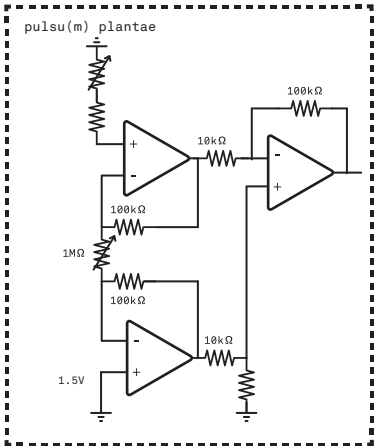
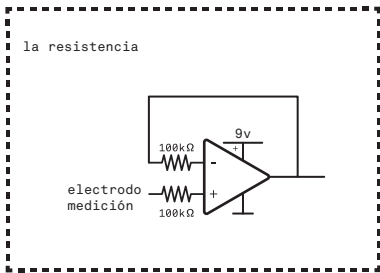
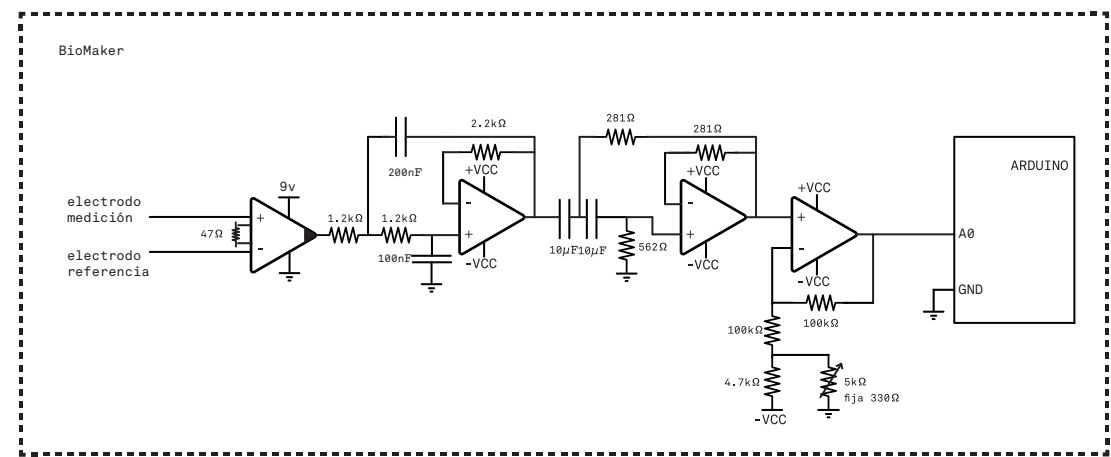
las resistencias. Debido a su falta de funcionalidad, no es comparable con los otros circuitos.

Paper (Wang et al., 2009)

El paper (Wang et al., 2009) presenta un circuito que cumple un objetivo similar al Pulsum Plantae con mejoras, pero aumentando la complejidad. Está compuesto por tres etapas: buffering, amplificador “transconductor” de instrumentación y amplificador de transimpedancia. La etapa de buffering se encarga de aumentar la impedancia de entrada del circuito, que si bien es deseable, introduce la necesidad de corregir el offset de los amplificadores, aumentando considerablemente la dificultad de calibración y empeorando el rechazo al modo común. Por otra parte, nuestras pruebas mostraron que la impedancia de entrada de nuestro circuito era más que suficiente. La segunda etapa, consiste en el mismo amplificador de instrumentación que utilizamos en nuestro circuito pero con una modificación en la topología, que hace la salida sea en corriente en vez de voltaje. La tercera etapa revierte esta conversión, transformando la señal nuevamente a un voltaje para poder ser convertida correctamente. La finalidad de esto es poder transmitir la señal por cables largos con mínima interferencia (en particular, para que esto tenga efecto es necesario utilizar cables especiales entre los cuales el más común es el “par trenzado”), pero en nuestro diseño nos preocupamos de mantener los cables lo suficientemente cortos como para que esto no fuera necesario.

BioMaker - Electromiógrafo

Este circuito es funcionalmente muy similar a nuestro circuito final, pero con dos diferencias fundamentales. La primera es que en vez de usar un filtro pasa-banda utilizó un filtro pasa-bajos seguido con uno pasa-altos (ambos filtros al igual que el nuestro con topología Sallen-Key), incrementando el costo innecesariamente. La segunda, y principal diferencia fue el usar una fuente de alimentación bipolar. Esto aumentó la complejidad del circuito que acondiciona la señal a niveles aceptables por el Arduino, como también hizo que el circuito solo pudiera medir pulsos unipolares, y así, disminuyó la versatilidad de este.



◀ Esquemáticos eléctricos de los distintos referentes obtenidos de métodos de medición de distintos estudios, proyectos y consultorias. Diagramas hechos por la alumna Daniela Collarte

▶ Simbología de los Esquemáticos. Diagramas hechos por la alumna Daniela Collarte.



Amplificador de Instrumentación



Amplificador Operacional (OP Amp)



Potenciometro



Resistencia



Par Trenzado



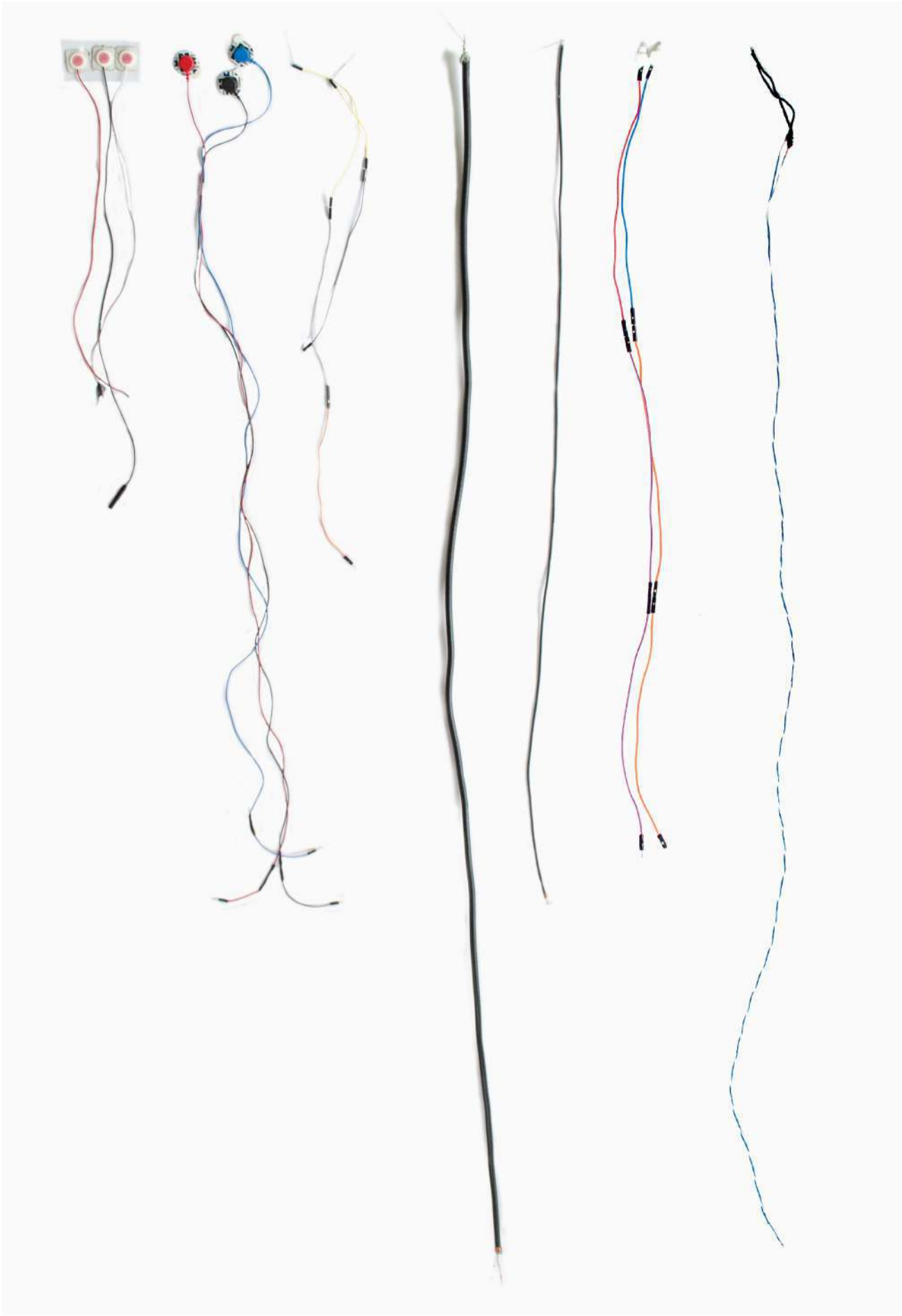
Terminal



Cable a Tierra



Condensador



Aproximación del Proyecto

Tipos de Electrodo de Medición

◀ Evolución de Electrodo de la Propuesta Final partiendo por el primero al final (Derecha a Izquierda) Registro de la alumna Daniela Collarte

Tras sentar las bases del circuito se comenzó con el levantamiento de información en cuanto a los tipos de electrodo existentes en proyectos de electrofisiología en plantas. Esto con el propósito de filtrar los tipos de electrodo innecesarios y probar aquellos que tuvieran potencial. Posterior a esto se llevó a cabo la experimentación temprana de los electrodo; componente fundamental para la captación de los pulsos.

A continuación se explicará el desarrollo del levantamiento de información, decisiones de diseño y la evolución de los electrodo.

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

El electrodo es el extremo de un conductor que lleva o recibe una corriente eléctrica dentro de ellos existen los siguientes tipos de electrodo:

Electrodo Extracelular

También llamado electrodo de superficie estos pueden ser de succión, flotantes, flexibles, secos o de multipunto.

Electrodo Intracelulares

Conocidos como electrodo internos, los cuales se insertan dentro del cuerpo humano a través de un catéter aislado delgado. Dependiendo de la profundidad de implatación estos pueden ser percutáneos e implantables.

Microelectrodo

Electrodo de tamaño pequeño los cuales miden diferencias de potenciales entre la parte interna y externa de la membrana celular.

No obstante a pesar de las distintas categorías de los electrodo, los cuales dependen del contacto que tienen estos con el sujeto de medición, se decide trabajar con los electrodo extracelulares debido a la posibilidad de replicación y manejo que poseen.

TIPOS DE ELECTRODOS DE MEDICIÓN ELECTRO-FISIOLÓGICA				
NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN	BENEFICIOS	LÍMITES
Electrodo metálico insertado	Extracelular	Electrodos metálicos delgados (Ag(agCl- cables 0.41-1.0 mm de diámetro) que tras la inserción en el brote o las venas de las hojas, los electrodos entran en contacto con el tejido que incorpora grandes grupos de células. Se puede colocar un electrodo idéntico en la región distal de una planta o en el suelo para que sirva como electrodo de referencia.	Permiten detectar potenciales eléctricos sobre largos periodos de tiempo (varios días).	Causa heridas al insertar el electrodo, por eso deben ser metales delgados.
Registro de superficie	Extracelular	Generalmente estos electrodos consisten de cables de Ag/agCl humedecidos con 0,1% (w/v) KCl en Agar y amarrados a algodón proporcionando contacto apropiado con la superficie de la planta o de electrodos granulados de Ag/agCl que se pueden conectar a la superficie de la planta mediante un gel acuoso conductor del tipo comúnmente utilizado en ECG.	Flexible en la supertficie de la planta y contacto óptimo entre la planta y el electrodo. .	Intervalos cortos de efectividad. Poco aprovechamiento de recursos.
Microelectrodos	Intracelular	Microelectrodos de vidrio con puntas de un diámetro menor a 1 mm. Estos electrodos se llenan con KCl, se sujetan en soportes de pellets Ag / AgCl y se conectan a un amplificador de alta impedancia de entrada. El amplificador se lleva a 0 cuando los electrodos están fuera de la célula, luego se insertan en citoplasma o váscula usando micromanipuladores, mientras que el electrodo de referente está en contacto con la solución rodeando la célula.	Usando el "aphid technique" permite la detección del potencial de la membrana que cambia tras estimular la planta.	Solo efectivos para intervalos cortos de tiempo (1 -2 horas). Dificultad para insertarlos.
Electrodo de referencia acero inoxidable recubierto en arcilla	Extracelular	6 cm de largo, se une a un conductor de cobre a través de una regleta para luego ser envuelta con cinta aislante dejando solo libre la punta de acero inoxidable y luego ser envuelto completamente en arcilla.	Menor variabilidad en mediciones.	Electrodo muy inestable. La arcilla se agrieta fácilmente. Duración corta.
Electrodo de referencia en tubo de acero inoxidable	Extracelular	Mismos materiales que el anterior (4). Diferenciándose en que se introdujo en tubos de acero inoxidable y sellados herméticamente, evitando ingreso de agua. Introducido en las macetas.	Potencial de equilibrio estable.	Mayor variabilidad. Valores fuera del rango normal de las mediciones.
Electrodo de referencia tipo vaso	Extracelular	Electrodo de acero inoxidable recubierto en arcilla el cual se insertó en perlita húmeda dentro de un vaso de acero inoxidable, el cual se selló herméticamente con cinta aislante. Se ha habilitado la compatibilidad con lectores de pantalla.	Mantiene humedad controlada en torno al electrodo.	Electrodo muy inestable. La arcilla se agrieta fácilmente. "
Electrodo de medición bañado en oro 24K	Extracelular	Electrodo acero inoxidable bañado electroquímico de oro 24K. 5 micras de grosor de oro. Instalado en el tallo a la misma altura que el electrodo de acero inoxidable.	Inoxidable y duradero.	Difícil de replicar.
Electrodo de referencia a barra de cobre	Extracelular	Cobre recubierto de plástico aislante.	Facil fabricación y replica de este.	

EVOLUCIÓN DE ELECTRODOS

Electrodos Neonatales

Como primera aproximación de electrodos estos fueron bastantes útiles ya que contaban con pegamento conductor que se adhería a la planta. Sin embargo, esto mismo causó que se gastarán rápidamente teniendo una vida útil muy corta. En otro sentido, la conexión de los electrodos al circuito no era directa, puesto que la entrada no servía para el protoboard, pero fuera del aspecto técnico sirvió como primer acercamiento y descartar ciertas topologías de plantas.

Electrodos TENS

En segundo lugar, se utilizaron electrodos TENS. Si bien fueron de fácil adquisición y venían con el pegamento conductor, estos también tienen una vida útil corta. Principalmente se debe a que al tratar con superficies como las de las plantas, la base de los electrodos se desgasta rápidamente. Por último, de la misma forma que los electrodos neonatales, estos se utilizaron en los primeros acercamientos y exploraciones del circuito.

Electrodos de Agujas de Acupuntura

En tercer lugar, las agujas de acupuntura debido a su conductividad eléctrica sugerido por Leslie García en su circuito de Pulsu(m) Plantae descrito previamente. El principal beneficio de este tipo de electrodo fue la capacidad que tenía para adquirir distintos ángulos al moverse en un eje central.

Cable Coaxial Grueso

Como cuarto acercamiento, el cable coaxial fue utilizado por su estructura ya que posee una malla metálica que funciona como aislación eléctrica. Esto es relevante ya que al querer medir potenciales eléctricos se debe apuntar hacia la obtención de una señal limpia y no interferida por frecuencias externas. Por otro lado, este tipo de electrodo se ocupó en la primera versión del desarrollo del circuito añadiendole extremidades que funcionaran como

electrodo de medición (aguja de acupuntura) y acoplable al circuito. Se debe destacar cómo la rigidez del cable influyó en que este fuera descartado ya que dificulta el acople del electrodo a la planta.

Cable Coaxial Delgado

En cuarto lugar, se reemplazó la estructura del cable coaxial grueso a uno delgado, manteniendo la misma aguja de acupuntura como electrodo de medición. Pero a pesar de la flexibilidad de este cable, el acople fabricado para el circuito no era lo suficiente estable, lo que entorpece los momentos de medición al desconectarse fácilmente. Además, las agujas de acupuntura se descartaron, a pesar de su buena conductividad eléctrica de la señal, debido al daño generaba en la planta al enterrarlas junto a lo delgadas que eran lo que repercutió en un menor área de contacto cubierta para la medición de potenciales.

Cable con Cotonitos de Algodón

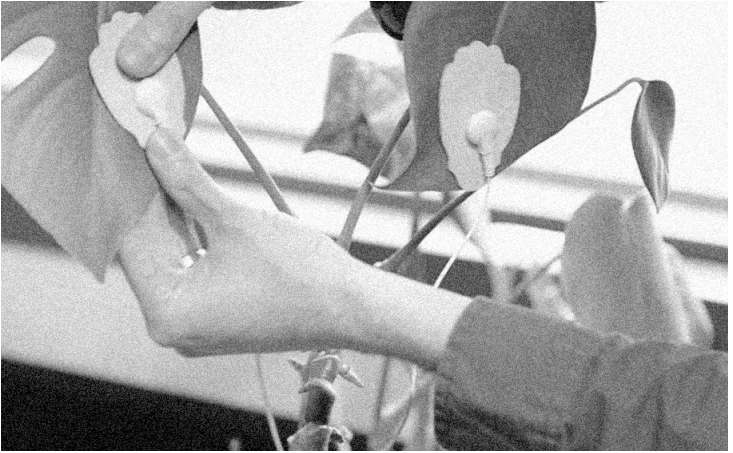
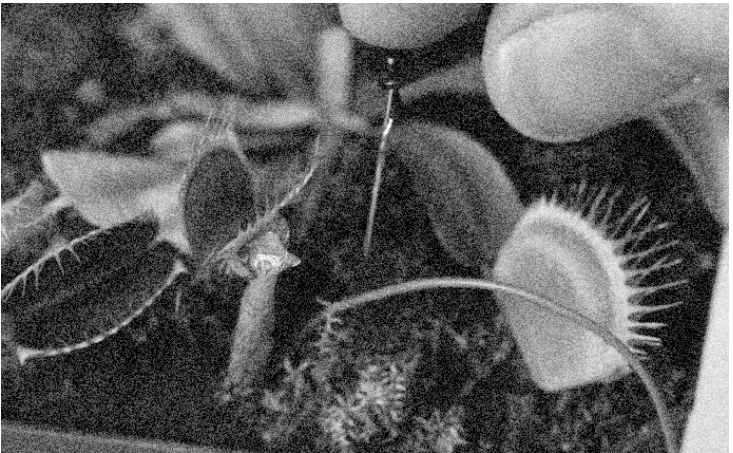
Posteriormente, se improvisó un electrodo con cables jumper y la parte del algodón de un cotonito incrustando este último en uno de los extremos del cable. Este facilitó la absorción uniforme y el contacto constante al estar húmedo por un tiempo adecuado para la medición de impulsos eléctricos en la planta. A pesar de esto, él este formato de electrodo no fue lo suficientemente cómodo para medir la electrofisiología ya que no se adhiriera con facilidad a la planta lo que resultaba muy tedioso al estar haciendo pruebas constantes y el electrodo alteraba los resultados.

Cable con Hilos de Algodón Grueso

Por último, dado a que el algodón demostró ser un material versátil en la medición al permanecer por un tiempo suficiente húmedo, se cambió el formato de cotonito por un hilo de algodón al ser aún más flexible y fácil de adherir. Esta modalidad facilita el anclaje a la planta al no ser rígido ni invasivo pero si limitaba el uso del líquido conductor, ya que el gel no se adhiere apropiadamente a este.

◀ Tabla resumen de los tipos de electrodos de medición electro fisiológica en plantas basada en tesis de (Tomás Esteban Vicente Urcelay, 2012) (Rocco Castro, 2012)(Alberto Francisco Serrano Rolin, 2013,) Elaboreación de la alumna Daniela Collarte

► Detalles de electrodos. Ordenados en fila desde eel primer acercamiento hasta el último. Registro de la alumna Daniela Collarte



► Registro de antecedentes de electrodos de medición; Spiker Box de Backyard Brains (kit de medición de pulsos eléctricos), y por último Data Garden por Sam Cusumano(sonificación de pulsos eléctricos) . Recopilación hecha por la alumna Daniela Collarte



Aproximación del Proyecto

Líquidos y Gel de Contacto Eléctrico

◀ **Detalle de los líquidos, geles y utensilios de aplicación experimentados.** Registro de la alumna Daniela Collarte

Simultáneamente al desarrollo de electrodos, se complementa la investigación probando distintos líquidos y geles conductores con la finalidad de crear un contacto eléctrico óptimo facilitando la detección de pulsos de la planta. A continuación un resumen de las experimentaciones tempranas para analizar el formato y su eficiencia.

LÍQUIDOS Y GELES CONDUCTORES

Tras investigar conductores utilizados en estudios de electrofisiología de plantas se decidió probar las dos formas más referidas a distintos estudios.

DiCardio Gel: Soluble en Agua Conductor

CONTEXTO Se adquiere este gel al ser de fácil acceso en farmacias y tiendas de insumos médicos. Este gel universal posee un alto grado de efectividad a la hora de medir la transmisión de potenciales eléctricos.

HIPÓTESIS Se adquiere este gel al ser de fácil acceso en farmacias y tiendas de insumos médicos. Este gel universal posee un alto grado de efectividad a la hora de medir la transmisión de potenciales eléctricos.

RESULTADOS Funcionamiento adecuado y eficaz en cuanto a la transmisión de pulsos eléctricos. Ya que se trata de un gel, este contribuye a una mejor adherencia y distribución en la planta al no deslizarse. En cuanto al líquido salino ambos funcionan de forma correcta, no siendo uno excluyente del otro.

Líquido Salino Experimental

CONTEXTO Visita al Laboratorio de Fisiología Vegetal en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Chile. Aquí se facilitaron los implementos necesarios para poder hacer la solución descrita en la investigación de Wang et al., 2009. Esta contiene Cloruro de Potasio 0.1 mM (KCl), Cloruro de Magnesio 0.1 mM (MgCl2), Cloruro de Calcio 0.5 mM (CaCl2), Sulfato de Sodio 0.05 mM (Na2SO4). Con la ayuda de Claudio Pastenes (Académico encargado de Laboratorio Fisiología Vegetal Universidad de Chile) y Luis Villalobos(Bioquímico) se calculó el distinto gramaje requerido por sal para 100ml de solución salina.

HIPÓTESIS: Al ser un líquido preparado para estudios vegetales, la transmisión de los potenciales eléctricos a los electrodos y luego al circuito serán de más ganancia que con otros tipos de gel/líquidos.

RESULTADOS En comparación a Dicardio Gel, ambos funcionan de forma correcta no siendo excluyentes como tipo de conductores para la transmisión de pulsos. La única desventaja asociada va de la mano con su formato acuoso ya que pierde la adherencia que tiene versus el gel conductor. Es por ello que se prueba con agar para entregarle propiedades gelificantes.

UTENSILIOS DE APLICACIÓN

A partir de referentes de estudios se experimentó con formas caseras para los utensilios en la aplicación de los geles/líquidos conductores.

Experimentación #1: Placas Petri

CONTEXTO Se hicieron seis placas petri, con distintas concentraciones de sales mezcladas con agar, con la finalidad de sumergir la hoja de la planta pudiendo medir de mejor forma y con un mayor área de cobertura.

HIPÓTESIS Las placas con menos concentración de agar tendrán un contacto óptimo al poder sumergir la hoja obteniendo un mayor área de cobertura.

RESULTADOS Sumergir la hoja directamente en la placa petri no resultó para nada conveniente. Esto saturaba la membrana de sales, además de que la forma de la placa no facilitaba el proceso. Se complejizaba bastante en cómo colocarla cosa que no aplastara o incomodara a la hora de realizar mediciones en la planta.

Experimentación #2: Vaso Precipitado

CONTEXTO Vaso precipitado de plástico de 100 ml relleno con el líquido salino. El propósito

de esta herramienta de aplicación fue sumergir el algodón para la aplicación salina uniforme en la planta.

HIPÓTESIS La forma del vaso precipitado permite que sea cómodo y fácil de sumergir el algodón, obteniendo una cantidad uniforme.

RESULTADOS Si bien la forma del vaso precipitado permite sumergir y sacar cómodamente el algodón, de igual forma se desperdiciaba líquido salino al secarse rápidamente producto a las condiciones ventosas del ambiente. Esto finalmente causaba que se desperdiciara líquido salino, siendo no una forma óptima de distribución. Por otro lado manipular el algodón dentro del vaso precipitado, era muchas veces entorpecido al sumergirse dentro de él.

Experimentación #3: Tubo de Medición

CONTEXTO Tubo plástico de medición de 10ml relleno con el líquido salino. El propósito de esta experimentación era sumergir y agitar el algodón para luego sacarlo para aplicar el líquido en la planta.

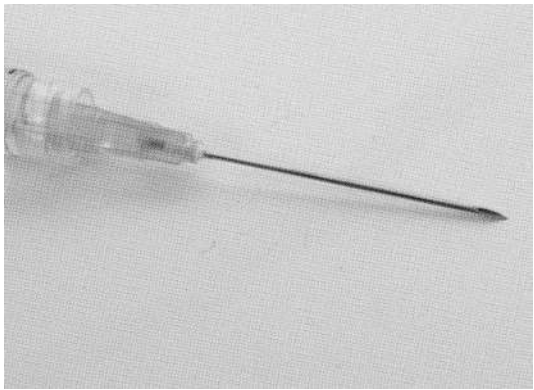
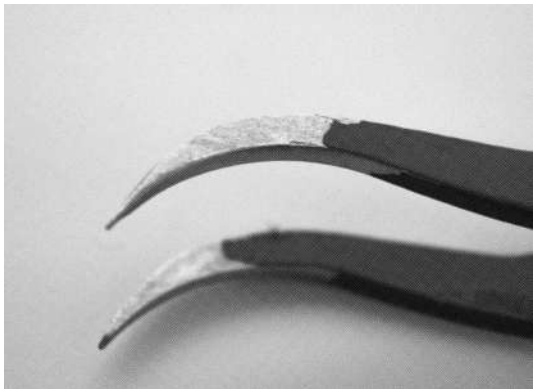
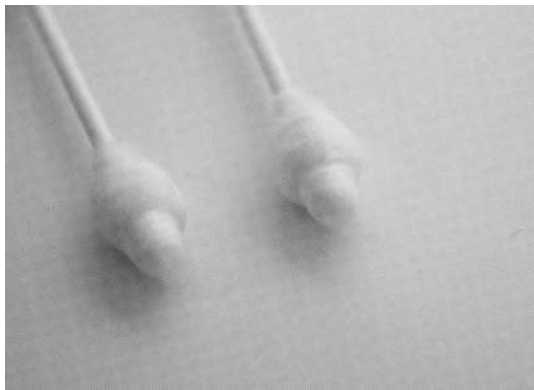
HIPÓTESIS Si bien el tubo de medición permite que el algodón absorba regularmente y en grandes cantidades el líquido, por lo mismo termina siendo poco práctico al usar líquido en exceso.

RESULTADOS A pesar de que el formato del tubo plástico era cómodo para agitar y revolver los electrodos y algodones, era poco práctico ya que se terminaba gastando y desperdiciando más líquido del que se debería utilizar. Siendo problemático debido a que la absorción y condiciones del ambiente generaba que los electrodos se secaran rápidamente. Por otro lado, el formato estrecho no era de uso universal para otro tipo de electrodos y herramientas aplicación.

► Recopilación de imágenes de las soluciones y utensilios de aplicación. De izquierda a derecha; Líquido Conductor con vaso precipitado y tubo de medición, gel conductor, tubo de medición, placas petri con variaciones de agar y líquido conductor, finalmente todos los conductores junto a las utensilios. Registro de la alumna Daniela Collarte



◀ Detalles de utensilios de aplicación conductores . Registro de la alumna Daniela Collarte



Experimentación #4: Pinzas Metálicas

CONTEXTO: Se utilizó como herramienta de instrumentación las pinzas metálicas, que producto a su forma permite aplicar leves cantidades de gel soluble en la planta.

HIPÓTESIS: La forma característica de la pinza permite la aplicación de pequeñas cantidades de gel soluble en la planta

RESULTADOS: Este utensilio cumplió su función al alcanzar partes puntuales y pequeñas en la planta. No obstante, no distribuye uniformemente el gel conductor lo que genera que la membrana de la planta se sature. Por otro lado, esta herramienta se ve limitada por el formato gel de los conductores.

Experimentación #5: Cotonitos de Algodón

CONTEXTO: El cotonito se experimentó en dos formatos, complementandose con otros utensilios de aplicación. En primer lugar, se usó el cotonito sumergido en el líquido salino para dar una pincelada uniforme en la planta. En segundo lugar, se usó para distribuir el gel conductor, donde primero se sumergía parejamente en este para luego aplicarlo en la planta.

HIPÓTESIS: La absorción del cotonito genera un contacto óptimo al no saturar directamente la membrana de la planta, obteniendo mejores resultados.

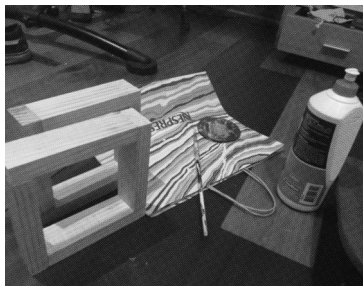
RESULTADOS: El cotonito de algodón permitió utilizar ambos formatos de los conductores; líquidos y gel, pudiendo además distribuirlo uniformemente en toda su área producto al material mismo. No obstante, al tratarse de un material absorbente este presenta la desventaja de secarse rápidamente teniendo que constantemente humedecerlo para su uso inmediato.

Experimentación #6: Jeringa

CONTEXTO: Se experimentó con la jeringa de dos formas distintas. Primero que todo, esta se uso con mezcla de agar y el líquido salino para darle densidad y control al líquido. En segundo lugar, se aplicó en su interior el gel conductor.

HIPÓTESIS: La forma de la jeringa permite mayor precisión y regulación de la cantidad del gel y/o líquido salino.

RESULTADOS: En ambos casos la jeringa fue la mejor metodología de aplicación del líquido y/o gel salino producto a su forma y control que otorga al poder ir expulsando pequeñas cantidades hacia afuera. Además, al tratarse de una jeringa de 5 ml la apertura de la aguja era pequeña, lo que contribuye a un mejor de distribución del líquido y/o gel.



Aproximación del Proyecto

Métodos de Aislamiento Eléctrico

• Construcción de los tres formatos de Jaulas Faraday (S-M-L) en distintas fases de armado. Registro de la alumna Daniela Collarte

En el ambiente existen señales electromagnéticas de diversos tipos, las cuales pueden interferir con medición del potencial eléctrico generado por la planta. Por ello, se optó por crear un “espacio neutral”, libre de estas interferencias. Para esto se usó una jaula de Faraday, cuya cubierta conductora de electricidad atenúa las fuentes externas de señal. En este proyecto, se optó por la experimentación y validación de esta para su uso futuro en la propuesta.



CAPÍTULO 4

Formulación del Proyecto

BACKSTER

plantae

QUÉ

Investigación/acción que caracteriza la respuesta fisio eléctrica de distintas tipologías de plantas altamente sensitivas, es decir de movimientos vegetales rápidos, ante estímulos humanos emocionales, proponiendo una traducción junto a una codificación de esto mediante una experiencia auditiva - visual.

POR QUÉ

Las capacidades sensitivas que compartimos entre los distintos organismos vivientes, humanos y plantas, se ven reflejadas en nuestras reacciones fisio eléctricas. Estas reacciones pueden ser registradas, codificadas, y por ende, traducidas. La presente propuesta aprovecha la capacidad de los organismos vegetales de sensar nuestras reacciones fisiológicas ante un estímulo emocional para traducirlos en una experiencia visual/sonora.

PARA QUÉ

Visibilizar, por medio de estímulos audio-visuales, las reacciones fisio-eléctricas de organismos vegetales ante emociones humanas. Convirtiendo a las plantas vasculares en biosensores emocionales humanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Definir las tipologías de especies vegetales con capacidades electro-físicas capaces de ser censadas.

I.O.V Uso de plantas vasculares sensitivas que facilitan el tiempo de reacción electro fisiológica.

Diseñar de circuito y programación de dispositivos de bajo costo y alta performance para el sensado fisio-eléctrico en organismos vegetales.

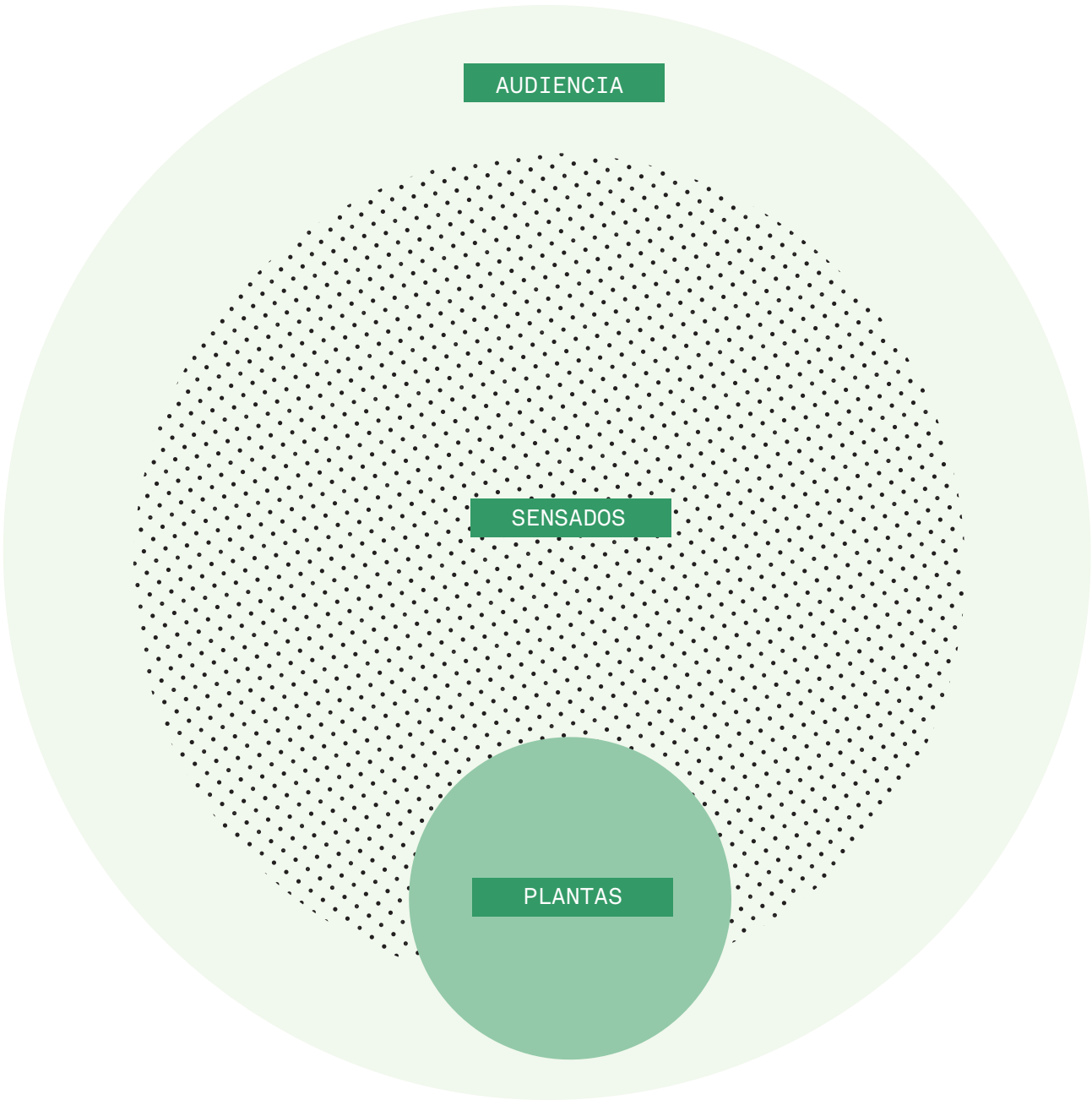
I.O.V Uso de dispositivos como Arduino Uno y circuitos integrados de bajo costo

Sensar las reacciones fisio-eléctricas de los organismos vegetales elegidos en la investigación, refinando la información para su asociación con estímulos externos (emociones humanas).

I.O.V Convertir los pulsos recolectados en graficos, analizando su amplitud, frecuencia, duración y puntos de elongación.

Traducir las reacciones fisio-eléctricas provenientes de organismos vegetales ante estímulos emocionales humanos.

I.O.V Uso de programas como Max 8 de Cycling que parametrizan los pulsos asociados a estímulos emocionales.



Actores: Plantas y Humanos

◀ Mapa de Actores. Elaboración propia de la alumna Daniela Collarte

Dado el carácter investigativo de la propuesta se habla de actores del proyecto en lugar de usuarios. A continuación se explicaran los distintos tipos de actores en sus dos dimensiones; **humanos y plantas**.

PLANTAS

Actores esenciales del proyecto, ya que son el sujeto de estudio frente a los distintos estímulos emocionales de las personas. Debido a la selección de topología de plantas estas específicamente son las plantas sensitivas vasculares siendo principalmente la **Mimosa Pudica**.

Mimosa Púdica: Planta sensitiva vascular de movimiento rápido. De facil cuidado y crecimiento rápido. Factor clave para facilitar el desarrollo del proyecto.

HUMANOS

Dimensión secundaria de actores del proyecto. Esta se divide en dos categorías; **personas sensadas y la audiencia**. Las personas **sensadas** son todo aquel que evoca emociones frente a la planta, permitiendo el registro electrofisiológico frente a estímulos emocionales. En segundo lugar, pero no menos importante, está la **audiencia**, aquellas personas que inter-

actúan con la visualización auditiva visual.



◀ Ilustración científica de Mimosa Púdica. Hecho por el ilustrador Joseph Pierre Redouté (1759-1840).

◀ Detalles de la planta Mimosa Púdica. Registro hecho por la alumna Daniela Collarte.





Contexto de Implementación

•Proyección de Dusk Chorus por Benjamin Matte & Rafaelo Roasenda.
Imágenes extraídas de Laboratorio del Sonido.

Existen distintos contextos de implementación aplicables de modalidades diferentes; talleres, espacios de divulgación, bienales y simposios de arte y ciencia. Cada uno de estos formatos dependerá del objetivo asociado al proyecto; de divulgación e exhibición en cuanto al registro electrofisiológico, y de educación en cuanto a tecnologías de bajo costo, desarrollo de circuitos en el ámbito de la neuro botánica.

El proyecto Backster Plantae se inmersa en un contexto tanto científico como artístico, en el cual se combinan recursos de ingeniería, diseño y arte. Si bien el desarrollo del proyecto tiene un marco científico, la propuesta final contempla visualizaciones audiovisuales que poseen un carácter artístico, que a la vez integran circuitos, metodologías de electrofisiología en plantas, codificación de impulsos en gráficos y traducción de códigos. Es en este contexto, en el que se hace esencial buscar una eficiente comunicación y divulgación del proyecto, con el fin de continuar desarrollando el proyecto. Es en los siguientes eventos y festivales, existe la posibilidad de conocer expositores nacionales e internacionales relacionados y de participar con expertos en el tema.

FUNDACIÓN ARTE+CIENCIA

Esta fundación se centra en promover un cruce entre el Arte y la Ciencia para generar nuevos espacios de colaboración en torno al conocimiento. En ella se desarrollan talleres, workshops, fomentan la ejecución de proyectos y publicaciones y gestiones de financiamiento.

BIENAL DE ARTES MEDIALES CHILE

La 14 Bienal de Artes mediales de Santiago, está ligada a la convergencia entre arte, ciencias y tecnología. Posee diferentes programas públicos y asambleas relacionadas al tema, además de diferentes laboratorios y actividades de gestión de conocimiento.

SIMPONISIO ARTE Y CIENCIA

Es una actividad desarrollada por la Universidad de los Andes, con la temática de Arte y Ciencia en Chile y su relación integradora del conocimiento humano a través de procesos de invención y exploración. Su objetivo es promocionar nuevos espacios y lugares creados especialmente para el desarrollo no disciplinar de la relación ArteCiencia. En este simposio se aceptan proyectos en fase de desarrollo y conceptualización.



• Participación en el-
Workshop de Divulgación
Científica por el docen-
te Alejandro Durán en la
Facultad de Biología UC.
Registro de la alumna
Daniela Collarte

FESTIVAL INGENIERÍA Y CIENCIAS

Festival organizado por la a Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile cada dos años. Se muestra a los visitantes los avances científicos que han tenido sus profesores, estudiantes e investigadores.

TALLERES QUE PROMUEVEN DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Workshop de Divulgación Científica por el docente Alejandro Durán en la Facultad de Biología UC. Consiste en propuestas creadas por alumnos en búsqueda de comunicar conceptos complejos mediante analogías y metáforas.

DIPLOMADO EN ARTE SONORO

Programa impartido por Tsonami, dirigido a estudiantes y profesionales del área artística, de las ciencias, tecnología y educación.

INTERSPECIFICS

Poseen diferentes becas y financiamiento para proyectos similares a la actual línea de investigación que trata del uso del sonido y la Inteligencia Artificial para entender las señales químicas y bioeléctricas de diferentes organismos junto a sus diversos patrones geométricos como una forma no humana de comunicación.

Si bien no se llevó a cabo la implementación en los contextos mencionados anteriormente, debido al escenario nacional, existió un interés por las distintas contrapartes donde se manifestó disposición en colaborar en la realización de actividades. Esto despertó mediante diferentes visitas, entrevistas, participación de conversatorios y talleres. Estas son las siguientes:

EXHIBICIONES

Organizadas por la Corporación Chilena de Video dentro del marco de la 14 Bienal de Artes Mediales. Se desarrollaron en el Centro Gabriela Mistral, Museo de Arte Contemporáneo y Sala de Arte CCU. Las exhibiciones visitadas fueron: Simbiosis Meditativa, Cien es un Color, y Microinfinito. Esto generó una red de contactos mediante conversaciones de carácter informal acerca del proyecto complementando visiones, junto al conocimiento de nuevos referentes relacionados al ámbito del proyecto.

DOCUMENTAL DUSK CHORUS + CONVERSATORIO

Documental proyectado en la Cineteca Nacional de Chile, dirigido por Alessandro D’Emilia y Nika Saravanja que relata la experiencia sonora acústica de David Monacchi en el Amazonas quien busca rescatar los paisajes acústicos primarios. Luego, hubo un conversatorio con la participación de la audiencia junto a tres invitados; Cristian Pinto, artista experimental (PINTOI) y ornitólogo de campo focalizado en el registro sonoro ornitoacústico de las aves nativas de Chile, Valentina Villaroel, directora de AOIR Laboratorio Sonoro y Nicole Ellena, creadora de Revista Endémico y editora de contenidos audiovisuales y escritos enfocados en la divulgación ambiental. La participación directa permitió generar contactos directo con la Corporación Chilena de Video, la revista Endémico y ambos artistas mencionados.

VISITA AL MUSEO DEL SONIDO

Esto permitió el contacto directo con Benjamin Superby (Encargado de Gestión y Recepción) quien mostró interés y disposición en facilitar un espacio dentro de museo para exhibir el proyecto Backster Plantae.

TALLER LABORATORIO SONORO- CONCEPCIÓN

A partir del conversatorio de la proyección del documental “Dusk Chorus” surge la idea con Valentina Villarroel de colaborar en unos de sus talleres en Concepción de AOIR Laboratorio Sonoro con la finalidad de mostrar y enseñar las técnicas y metodologías aprendidas durante el desarrollo del proyecto.

TALLER DIVULGACIÓN CIENTÍFICA CREATIVA

Organizado por la 14 Bienal de Artes Mediales, el propósito de esta actividad era aprender nuevas metodologías para la divulgación creativa de contenido científico junto a otros interesados en difundir sus propios proyectos.

Ambos talleres no logran llevarse a cabo debido al estallido social, pues su fecha coincidió con con estas actividades.

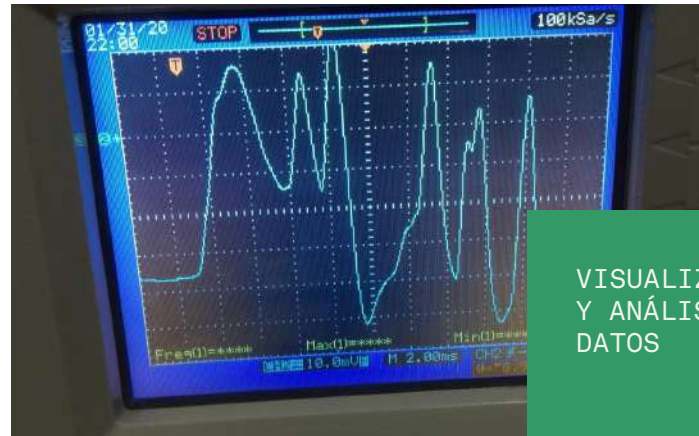


CAPÍTULO 5

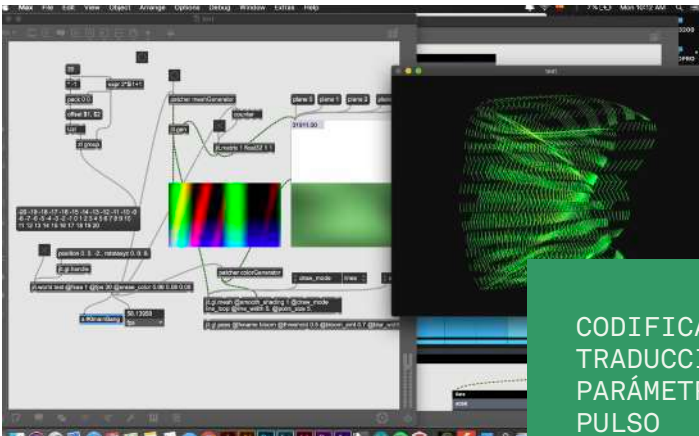
Propuesta Final



MEDICIÓN Y
CAPTACIÓN DE
PULSOS



VISUALIZACIÓN
Y ANÁLISIS DE
DATOS



CODIFICACIÓN Y
TRADUCCIÓN DE
PARÁMETROS DEL
PULSO



Desarrollo de «Backster Plantae»

«Diagrama resumen del proceso por el que pasa el pulso eléctrico de la planta. Hecho por Daniela Collarte.

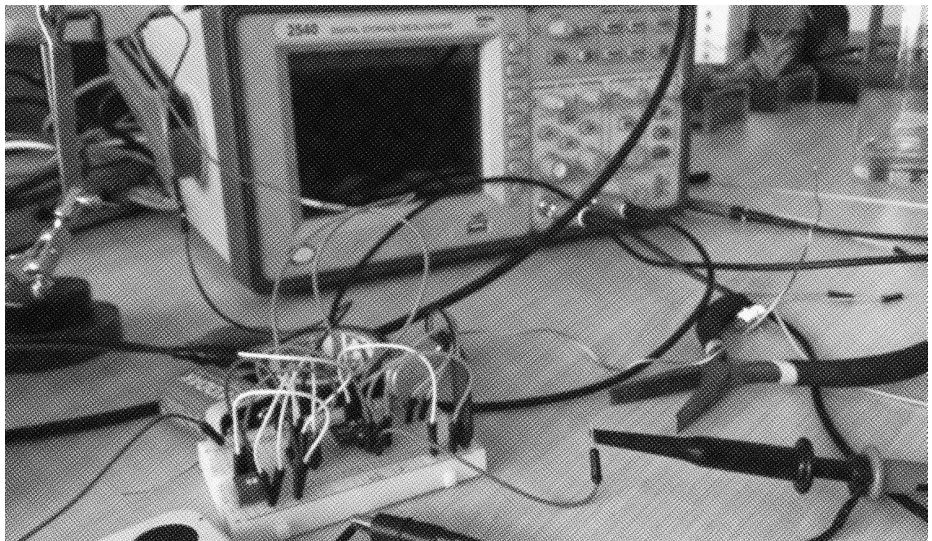
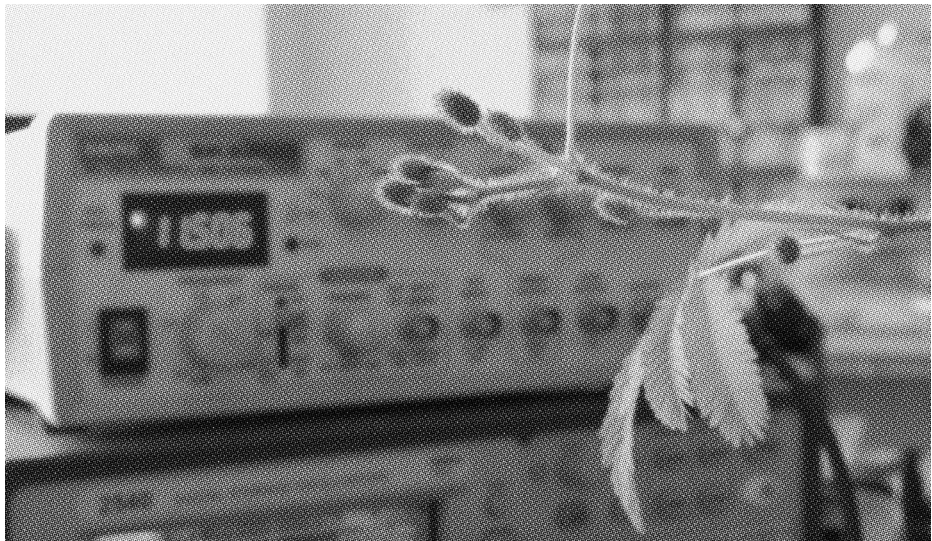
«Imágenes resumen de cada etapa del desarrollo de la propuesta final. Registro por la alumna Daniela Collarte.

El desarrollo de Backster Plantae consistió en tres etapas distintas: Donde en cada una de estas se fue perfeccionando gracias a los diferentes testeos efectuados. Estas son las siguientes:

- 1) Medición y Captación de Pulsos
- 2) Visualización y Análisis de Datos
- 3) Codificación y Traducción de Parámetros de Pulso

Cabe mencionar que dentro del desarrollo del proyecto se encuentran la identidad gráfica, que si bien no se encuentra en las tres fases del proyecto, se trabajó en paralelo al desarrollo de «Backster Plantae»

A continuación se describirán detalladamente respecto al desarrollo que cada una de estas tuvo en cuanto a las decisiones de diseño.



Primera Etapa:

Medición y Captación de Pulsos Eléctricos

«Fotografías del desarrollo y testeo del circuito eléctrico junto a la planta. Registro de la alumna Daniela Colarte

OBJETIVO

Eliminar señales no deseadas del pulso eléctrico medido por los electrodos y acondicionar el resultado a niveles aceptables por el bloque de adquisición de datos. Para luego transformar las señales eléctricas en datos para el computador y su posterior análisis.

DESAROLLO DEL CIRCUITO BACKSTER PLANTAE

Para la adquisición de datos se utilizó un microcontrolador (Arduino) programado para traducir las señales eléctricas en información digital, la cual es capaz de ser leída e interpretada por el computador. Luego de recibir esta información es filtrada para remover la interferencia generada por la red eléctrica (50 Hz), una práctica muy común en sistemas de este tipo. A continuación se irá describiendo la evolución que tuvo el circuito producto a las nuevas necesidades que fueron surgiendo de los distintos testeos de calibración y mediciones de la planta.

Backster Plantae Mark I

Desde un punto de vista químico, las señales eléctricas generadas por la planta son producidas por el movimiento iónico interno de esta. Dicho movimiento crea una diferencia

en la concentración espacial de cargas, y en consecuencia una diferencia de potencial eléctrico. Dado esto, la señal deseada es la diferencia (resta) de los voltajes en los electrodos. Para lograr esta medición, es natural utilizar un componente electrónico conocido como “amplificador de instrumentación”, el cual resta los voltajes en sus entradas y los amplifica en un factor configurable por el usuario. Por esta razón, la primera iteración del circuito consistió en un amplificador de instrumentación en conjunto con una referencia de voltaje. Dicha referencia, se utilizó para poder utilizar una fuente unipolar (como una batería o un transformador AC/DC), y así, disminuir costos y complejidad del circuito. En contraste, hubiera sido necesario utilizar una fuente de poder bipolar (como dos baterías, un convertidor AC/DC a medida o una fuente de laboratorio), que además del costo y complejidad extra, produciría problemas en la conversión análogo-digital.

Backster Plantae Mark II

La segunda iteración, tuvo como objetivo modificar el circuito para caracterizar la morfología de los pulsos. Para esto, la señal producida por el amplificador de instrumentación se conectó en paralelo a dos dispositivos que permitieran visualizar el pulso. Por un lado, el circuito se conectó a un osciloscopio (instrumento muy utilizado en la electrónica para visualizar voltajes que varían en el tiempo) para ver las variaciones de baja frecuencia. Además de lo anterior, se diseñó un circuito para acondicionar la señal a niveles similares a los producidos por un micrófono y al mismo tiempo simular en el computador la conexión del mismo. Esto con la finalidad de analizar (y eventualmente grabar) los pulsos con programas capaces de procesar audio, simplificando considerablemente tanto el sistema de adquisición (ya que no necesitaría filtros extra ni un ADC o Arduino), como también la programación asociada al procesamiento. En esta etapa se identificaron los rangos en los cuales se mueven los parámetros de los pulsos, como también que la señal de interés está principalmente en el rango de baja frecuencia. Con esta información se decidió descartar el uso de la interfaz de audio del computador, ya que de las partes de la señal en el rango audible por el ser humano (entre 20 Hz y 20 kHz) no se pudo extraer información relevante.

Backster Plantae Mark III

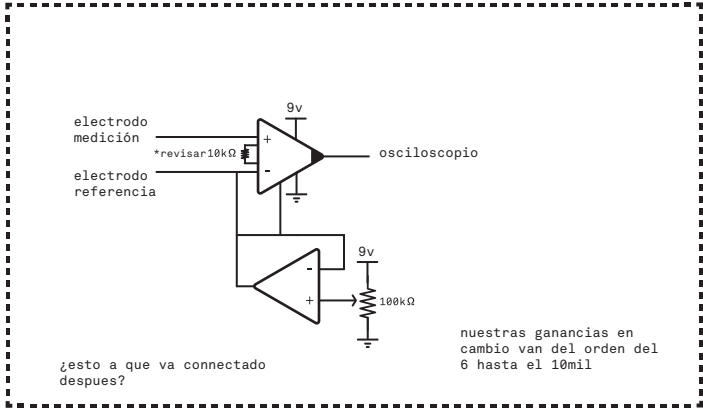
La experiencia adquirida en la segunda iteración, evidenció la necesidad de introducir un filtro pasa-altos para eliminar el voltaje de polarización del circuito en la medición, con el fin de independizar el pulso medido de parámetros externos (como por ejemplo la cantidad de gel conductor utilizado en los electrodos) a la estimulación de la planta. Por otra parte, la literatura recomienda usar un filtro pasa-bajos para evitar el “aliasing” en la conversión análogo-digital, que se produciría si llegaran a existir señales con una frecuencia mayor al doble de la tasa de muestreo del Arduino (frecuencia de Nyquist). Por estas razones, en la tercera iteración se tomó la decisión de introducir un filtro pasa-banda con topología Sallen-Key (que es un equivalente funcional de un filtro pasa-bajos con uno pasa-altos, pero de menor costo) y un divisor de tensión para transformar la señal a rangos permisibles por el Arduino.

Backster Plantae Mark IV

Por último, la cuarta iteración consistió en reemplazar los potenciómetros de calibración por componentes fijos (resistencias) de baja tolerancia. Esto con la finalidad de eliminar los pasos de calibración del circuito, y así hacer el uso del sistema de medición asequible a personas sin conocimientos de electrónica.

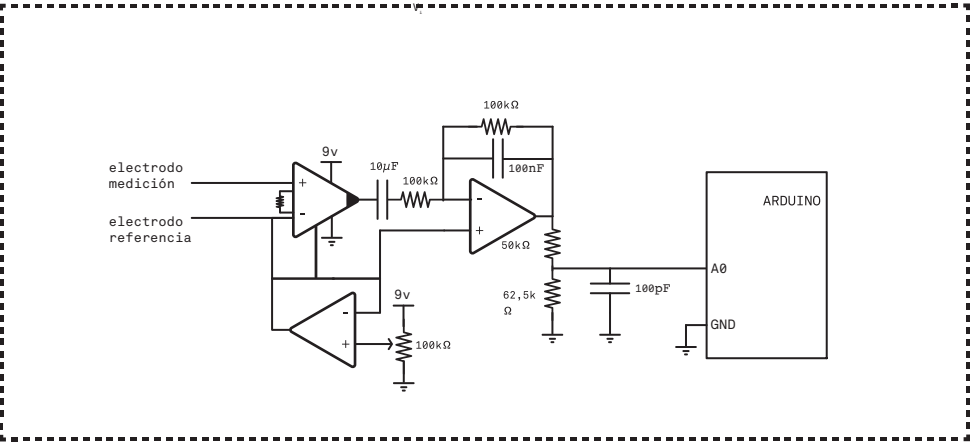
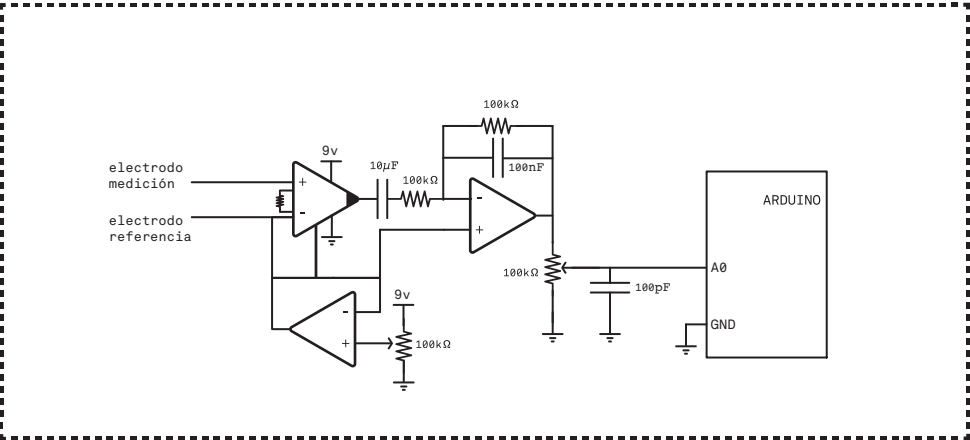
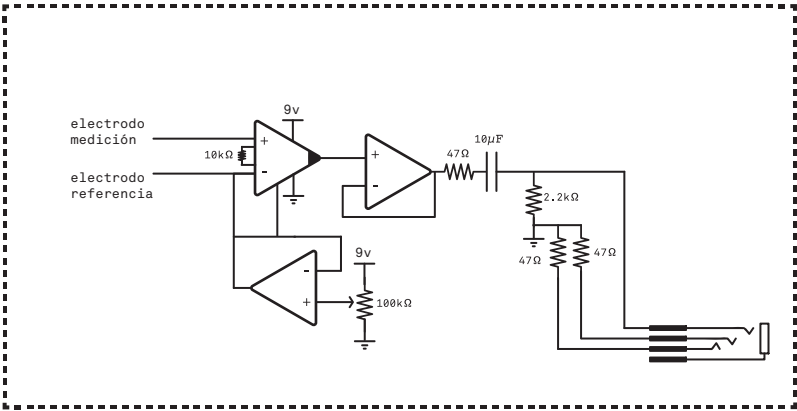
► Recopilación de imágenes del set-up final para los registros electrofisiológicos (jeringa con gel conductor, circuito Backster Plantae, acercamiento Mimosa Púdica, Mimosa Púdica en Jaula de Faraday y pulso de la planta)
Registro de la alumna Daniela Collarte





◀ Proceso evolutivo del circuito Backster Plantae desde el Backster Plantae Mark I hasta Backster Plantae Mark IV (desde arriba hacia abajo). Diagramas hechos por la alumna Daniela Collarte

▶ Simbología de los Esquemáticos. Diagramas hechos por la alumna Daniela Collarte.



Amplificador de Instrumentación



Amplificador Operacional (OP Amp)



Potenciometro



Resistencia



Par Trenzado



Terminal



Cable a Tierra



Condensador



Segunda Etapa:

Visualización y Análisis de Datos

◀ Gráficos que registran el pulso de la Mimosa Púdica (imágenes de la derecha) y ventana que ejecuta el programa de visualización (imagen izquierda). Registro de la alumna Daniela Collarte

OBJETIVO

Visualizar, segmentar y analizar los pulsos generados por las plantas, para después clasificarlos según distintas categorías de estímulos emocionales.

DESAROLLO

En primera instancia se modificó un programa con el fin de visualizar en tiempo real la señal detectada por los electrodos, permitiendo verificar el correcto funcionamiento del sistema y calibrar los distintos parámetros (tanto en el circuito como en el código) necesarios para una medición precisa. A continuación de esto, se agregaron funcionalidades al programa que permitieron grabar y segmentar las señales recogidas, esto permitió un análisis off-line de los pulsos y clasificarlos según el estímulo correspondiente. Por último, se programó una serie de funciones que permitieron extraer distintos parámetros morfológicos de los pulsos (Amplitud, duración, energía, etc) y enviarlos a Max 8.

Calibración del Programa Python

OBJETIVO

Verificar la eficacia del programa que grafica los pulsos eléctricos.

MÉTODO

Se utilizó el generador de funciones, aparato eléctrico que produce ondas sinusoidales, cuadradas y triangulares, permitiendo variar su frecuencia y amplitud, para calibrar el programa de Python y ver que estuviera funcionando correctamente.

RESULTADOS

Al conectar el generador de funciones con el circuito eléctrico hacia el computador, se observó cómo a medida que se iba cambiando la frecuencia, tipo de onda y amplitud, el programa de Python respondía simulando la forma de esto.

Testeo: Estímulo Táctil

OBJETIVOS

Observar y caracterizar los potenciales eléctricos de la planta asociada a un estímulo mecánico como el tacto.

HIPÓTESIS

Bajo estímulos mecánicos se puede observar variación de potenciales eléctricos en la planta, la cual varía según la intensidad que esta tiene.

VARIABLES

INDEPENDIENTE : Presión táctil en la hoja de la Mimosa Púdica.

DEPENDIENTE : Pulso de la planta

CONTROLADAS: Ambiente , intervalos y rango de tiempo,misma tipología de planta y duración del estímulo.

METODOLOGÍA

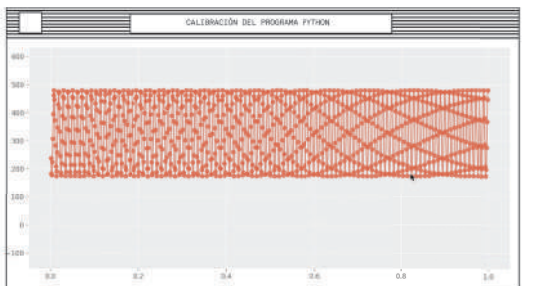
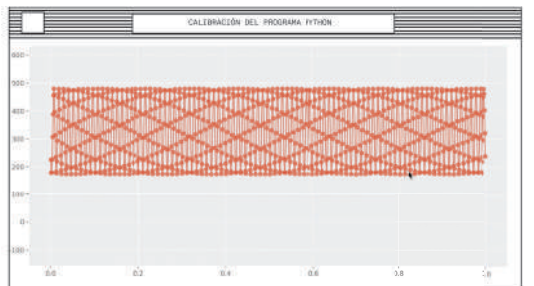
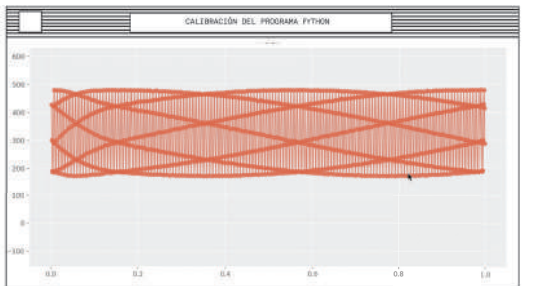
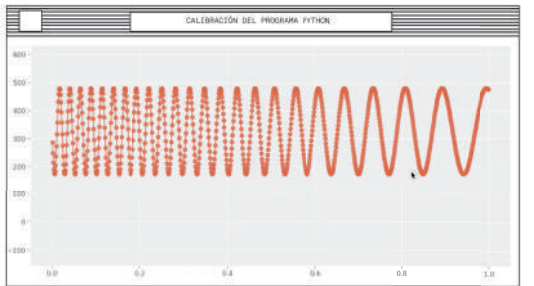
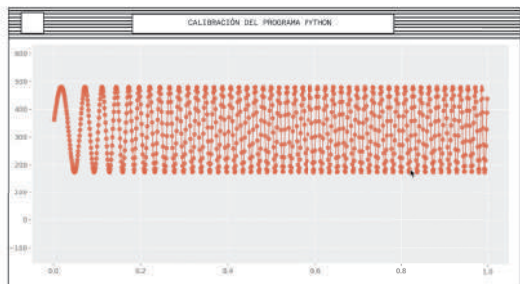
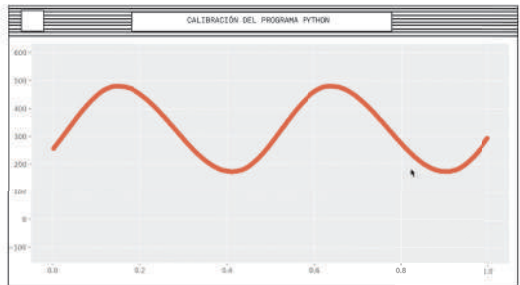
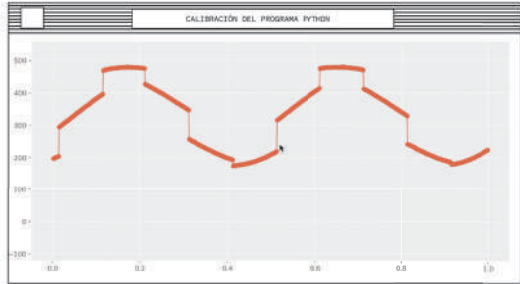
1) Comenzar conectando la planta con el circuito. Aplicar el gel conductor con la jeringa fijándose que el electrodo y planta estén en contacto.

2) Conectar el circuito con la planta al computador.

3) Luego tocar la planta cada 15 minutos con presiones distintas. (roce- suave- medio-fuerte)

4) Guardar los datos obtenidos para luego analizarlos.

► Resultados de calibración del programa Python junto al generador de funciones. Diagrama hecho por la alumna Daniela Collarte



Testeo: Estímulo Agua

OBJETIVOS

Caracterizar y registrar el comportamiento de los potenciales eléctricos de la planta asociada al estímulo del riego (agua).

HIPÓTESIS

Bajo estímulos mecánicos se puede observar variación de potenciales eléctricos en la planta, la cual varía según la intensidad que esta tiene.

VARIABLES

INDEPENDIENTE : Zona de regado de agua (hoja- tallo- tierra- plato)

DEPENDIENTE : Pulso de la planta

CONTROLADAS: Ambiente , intervalos y rango de tiempo,misma tipología de planta y duración del estímulo.

METODOLOGÍA

1) Comenzar conectando la planta con el circuito. Aplicar el gel conductor con la jeringa fijándose que el electrodo y planta estén en contacto.

2) Conectar el circuito con la planta al computador.

3) Luego, durante un día, regar la planta cada hora. Partir una hora regando las hojas, otro hora el tallo, y así sucesivamente cada parte mencionada en las variables independientes.

4) Guardar los datos obtenidos para luego analizarlos.

► Resultados de los distintos testeos realizados. En la primera página y media testeos del tacto, el resto testeos del agua. Resultados obtenidos por la alumna Daniela Collarte

Resultados de los Testeos

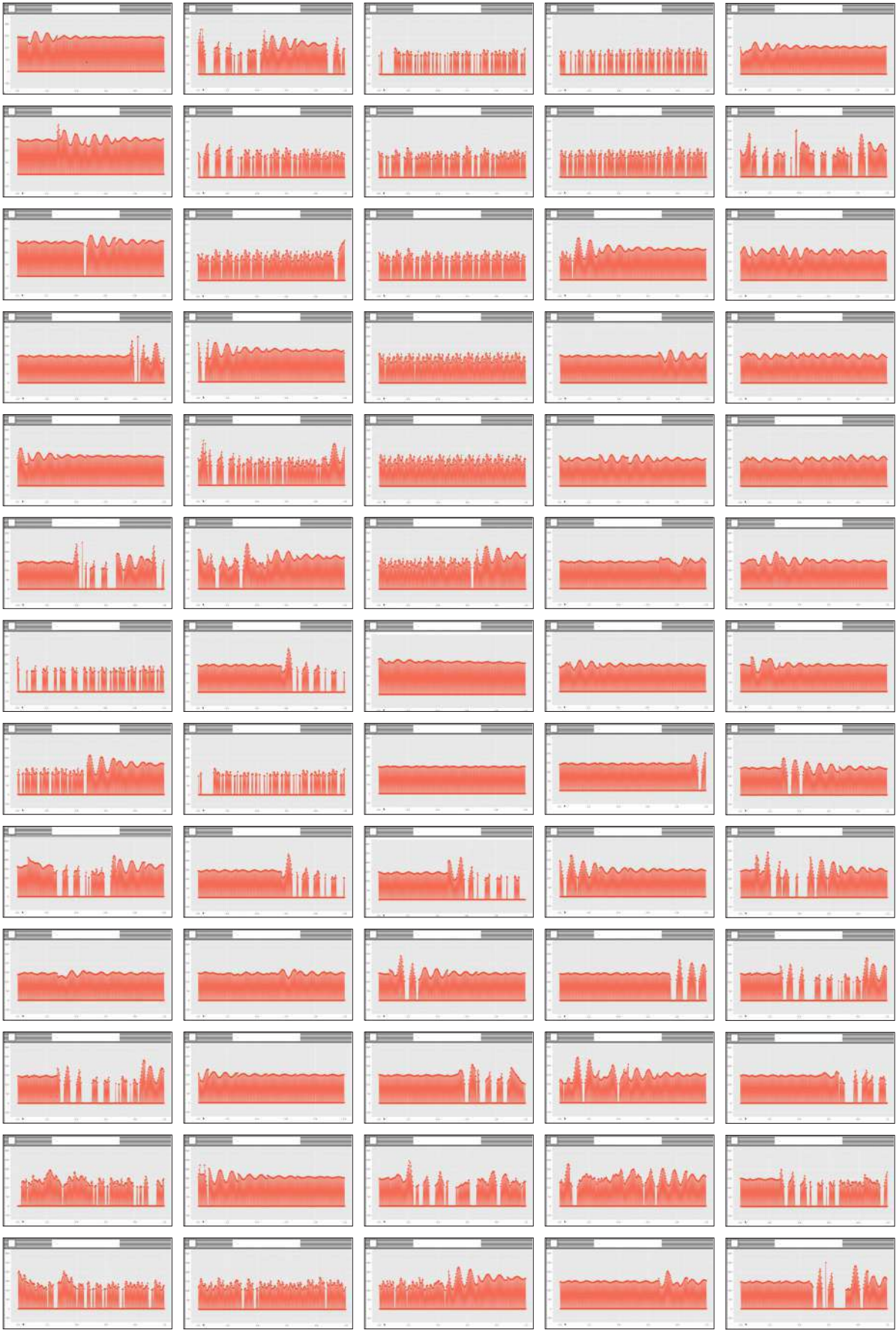
RESULTADOS ESTÍMULO TÁCTIL

Respecto al estímulo táctil había muchos más referentes bibliográficos al que comparar los resultados, donde estos mismos sugerían un intervalo entre 5 a 15 segundos de potencial eléctrico. No obstante, los estudios no estaban del todo correcto, ya que había incluso pulsos de la planta que oscilaban por menos de un segundo. Esta afirmación dependiendo exclusivamente de la presión asociada hacia la planta que fue variando desde un leve roce hasta un golpe más bien fuerte. Cabe decir que dependiendo de donde estaba el electrodo ubicado con relación a la zona golpeada, el pulso también se veía afectado; teniendo una menor amplitud cuando se ubicaba lejos de los electrodos y mayor al estar más cerca. La amplitud iba de la mano también con la fuerza del golpe, siendo mayor a medida que el golpe tenía más energía. Por otro lado, muchas veces estuvo la sorpresa que mientras más seguidos, y menos intencionados los golpes, el pulso de la planta se detectaba por periodos de hasta 15 segundos siendo prácticamente planos. Incluso esto se mantenía al variar de fuerza del golpe.

RESULTADOS ESTÍMULO AGUA

Frente a la estimulación del riego a la Mimosa Púdica se observó como esta reaccionaba de

acuerdo a la intensidad generada por la cantidad de agua junto a la zona de regado. En primer lugar, la zona donde se vieron potenciales más exacerbadados fue cuando el riego iba directamente hacia las hojas de la Mimosa Púdica obteniendo fluctuaciones mucho mayores por periodos más cortos (alrededor de 2 segundos). En contraste, a medida que se regaba en la tierra, y no directamente en la planta, los potenciales de acción oscilaron por un intervalo de tiempo de 10 a 14 segundos dependiendo meramente de la cantidad de agua que se iba liberando. Algo imprevisto fue la reacción electrofisiológica del spray de agua por sobre la planta, ya que si bien el contacto era mucho menor en cuanto a área mojada de la planta, los potenciales se vieron alterados mucho más que en las otras variaciones de las pruebas. Por otro lado, las fluctuaciones de pulso periódicas que se observan en las imágenes, corresponden a la pérdida de contacto entre el electrodo y la planta ,producto de las condiciones ambientales que secaba el gel de contacto, lo que indica que hay que estar en constante revisión respecto al contacto. De igual forma, este fenómeno de ruido ambiental, es facil de detectar ya que visualmente y paramétricamente hablando es la única onda de carácter periódico.







◀ Resultados de los distintos testeos realizados. En la primera página y media testeos del tacto, el resto testeos del agua. Resultados obtenidos por la alumna Daniela Collarte

Testeo: Estímulos Emocionales

OBJETIVOS

Caracterizar y registrar el comportamiento de los potenciales eléctricos de la planta asociada a estímulos emocionales humanos provenientes de las reacciones emocionales básicas.

Para ello se tomo reacciones emocionnales básicas ; asco, incontinencia y dolor, evocándolas a través de pruebas faciles. En el caso de la incontinencia, se le pedía al actor que tomara agua para luego aguantarse en el momento, el dolor consistió de un pinchazo de aguja de acupuntura y el asco se produjo mediante un olor de comida podrida.

HIPÓTESIS

Bajo estímulos mecánicos se puede observar variación de potenciales eléctricos en la planta, la cual varía según la intensidad que esta tiene.

VARIABLES

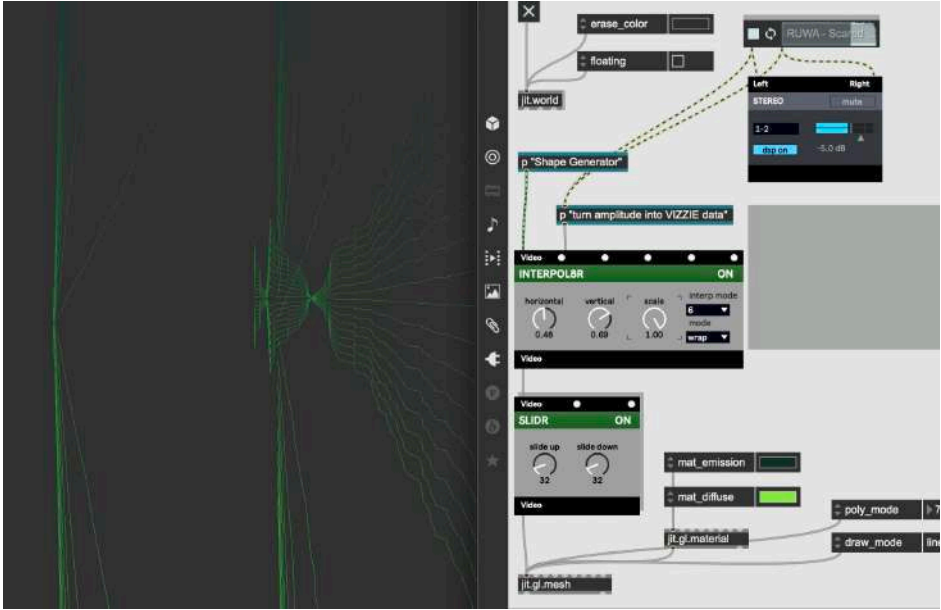
INDEPENDIENTE: Estímulo emocional (asco- incontinencia- dolor)

DEPENDIENTE : Pulso de la planta

CONTROLADAS: Ambiente , intervalos y rango de tiempo,misma tipología de planta y duración del estímulo.

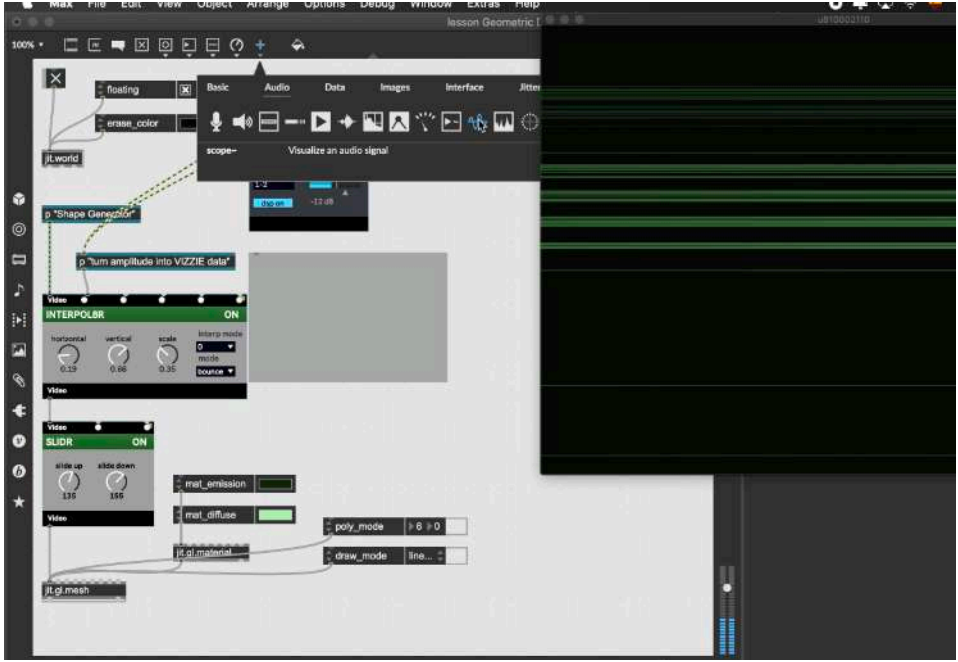
METODOLOGÍA

La metodología de este testeo fue más compleja que el resto ya que al tratarse de estímulos emocionales se puso esfuerzos en controlar de mejor posible las condiciones ambientales con el fin de correlacionar más verídicamente la emoción con la reacción electrofisiológica.



Tercera Etapa:

Codificación y Traducción de Parámetros del Pulso



There is a language older by far and deeper than words. It is the language of bodies, of body on body, wind on snow, rain on trees, wave on stone. It is the language of dream, gesture, symbol, memory. We have forgotten this language. We do not even remember that it exists.



◀ Exploración temprana del programa Max 8. Registro de la alumna Daniela Collarte

¹(Derrick Jensen: A language Older than Words)
²(Rodrigo-Moreno et al., 2017)

OBJETIVO

Generar una forma de comunicar audiovisualmente la información contenida en la respuesta de la planta al estímulo emocional.

DESARROLLO

Para lograr una comunicación planta/humano fue necesario crear un “lenguaje” con el cual una persona pueda sentir y empatizar con las reacciones de la planta. Para esto, se creó en primer lugar una composición algorítmica que utiliza los parámetros extraídos del pulso y genera una serie de sonidos que relacionan las distintas características de la señal con potenciales emociones humanas, teniendo en cuenta el análisis de la correspondencia entre ciertos estímulos provocados en las plantas y el equivalente emocional que evoca esta interacción en un ser humano. Luego de esto, se crearon una serie de elementos visuales a partir del sonido generado, todo para complementar y potenciar la recepción del lenguaje por parte del espectador. Todo esto, intenta lograr una experiencia audiovisual en la cual el auditor pueda percibir con efectividad lo comunicado por la planta.

ACERCAMIENTO A MAX 8 CYCLING '74

Max es un programa desarrollado por Cycling '74 para la programación visual de música y multimedia. Es usado por artistas, compositores, intérpretes, diseñadores de software e investigadores para la creación de obras, composiciones e instalaciones de distintos ámbitos y complejidades. Su modularidad, diseño extensible y su extensa comunidad los han convertido en la “lingua franca” para el desarrollo de música, instalaciones y en general obras interactivas. Si bien la programación en Max está basada principalmente en la conexión de objetos predefinidos a través de su interfaz gráfica, es posible programar nuevos objetos con lenguajes de programación como C, C++, Java o JavaScript , y así, extender su funcionalidad. Está compuesto por tres módulos principales Max, MSP y Jitter. El primero es el encargado de procesar y rutear mensajes de manera asíncrona, como por ejemplo las notas de un piano, un metrónomo, una partitura, configuraciones de los objetos, etc. MSP se encarga del procesamiento en tiempo real de las señales de audio, como también de la interacción del programa con las interfaces de audio. Por último, Jitter es el encargado del procesamiento de imágenes y video en tiempo real.

«

Sound is a fundamental form of energy and it has been suggested that plants can make use of acoustic cues to obtain information regarding their environments and alter and fine-tune their growth and development.

»²

Es la posibilidad de usar estos módulos en conjunto lo que hace a Max un programa tan atractivo para la creación de contenido audiovisual. Las razones por la cual se decidió utilizar Max fueron varias, principalmente porque es un ambiente muy versátil para la generación de contenido audiovisual, seleccionado como medio en la creación del lenguaje humano-planta. Otra razón fue su extensa comunidad y la infinidad de ejemplos existentes, que sirvieron de inspiración y ayudaron a solucionar los problemas encontrados con facilidad. Todo esto simplificó la tarea de plasmar el diseño abstracto del lenguaje en algo concreto que puede ser generado y reproducido por un computador.

PULSO ELÉCTRICO: ONDA NO PERIÓDICA

Previa a la definición de parámetros es relevante destacar el tipo de señal que es. En este caso, si bien el pulso se trata de una onda, esta es de tipo no periódico. Las ondas no periódicas, también denominadas pulsos, son aquellas que no se producen a intervalos regulares, es decir el periodo no produce ningún tipo de ciclo. Si bien se pueden repetir, la forma de la onda no es constante al tener perturbaciones de características distintas.

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

Para el desarrollo de la codificación audio visual se establecieron una serie de parámetros de acuerdo a los datos recibidos. Este se conformó por dos partes: **componente auditivo y el visual**.

Componente Auditivo

Para esta etapa se establecieron una serie de requerimientos formales para este segmento con el fin de comunicar este lenguaje planta- humano y ambientar en el contexto en donde se ubica el proyecto. En primer lugar se trabajó con un sonido sintetizado dada a las posibilidades que este entrega al tomar un input (sonido) y transformarlo, cambiando las características del sonido, en un output. Bajo esta misma premisa, al trabajar con pulsos no periódicos se buscó convertirlo en algo audible y experimental para las personas. Para ello, se definió una serie de parámetros asociados con las características del pulso con el fin de procesar y generar una experiencia auditiva. A continuación los parámetros asociados por cualidad de la onda;

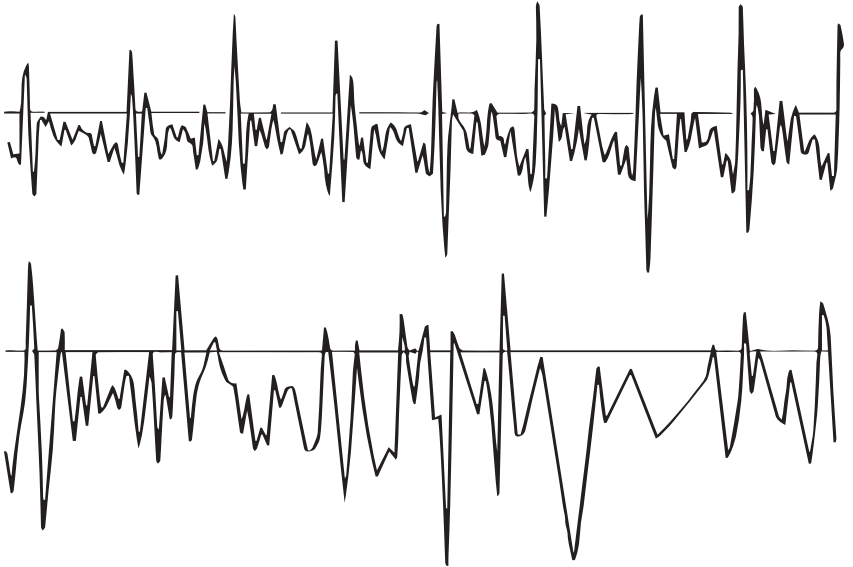
AMPLITUD: Valor máximo que toma la señal generada por el pulso.

LONGITUD: Tiempo transcurrido entre el inicio y el final del pulso.

PUNTOS DE INFLEXIÓN: Puntos en los que la línea tangente a la señal es prácticamente horizontal. El análisis de estos puntos permite encontrar los puntos críticos de la señal (máximos y mínimos locales).

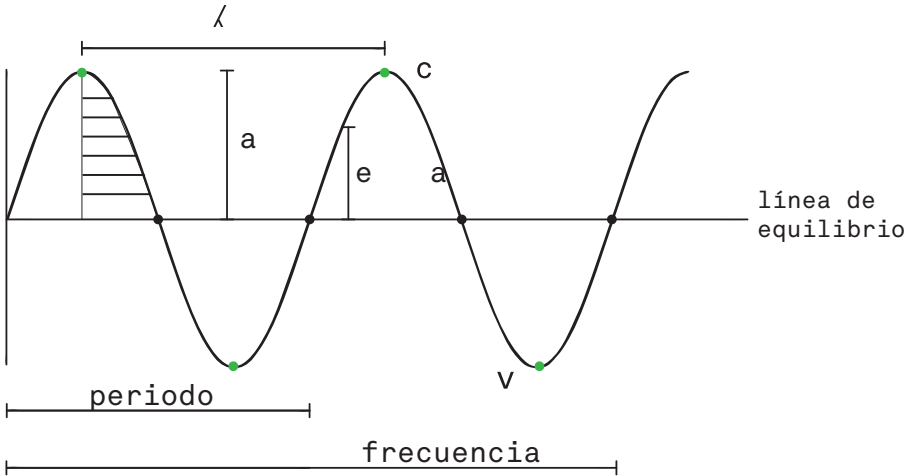
ENERGÍA: Equivalente matemático de la energía entregada a una resistencia por un voltaje descrito por la forma del pulso. Su utilidad yace en que este parámetro describe la intensidad del pulso completo y no solo en un punto.

► Esquema de una onda periódica (arriba) y no periódica (abajo). Dibujo hecho por la alumna Daniela Collarte



► Diagrama de las características de una onda, parámetros para el programa de Max 8. Hecho por la alumna Daniela Collarte

a: amplitud
 λ : longitud de onda
e: elongación
v: valle
c: cresta
• nodo
• antinodo



Cada uno de estas cualidades fue asociado a lo siguiente:

ENVOLVENTE: Descripción temporal de la evolución de la amplitud de una señal. Esto con la finalidad de generar una experiencia auditiva progresiva y dinámica.

INTENSIDAD: Descripción temporal de la evolución de la amplitud de una señal. Esto con la finalidad de generar una experiencia auditiva progresiva y dinámica.

GAIN: Atributo que aumenta el voltaje o poder del sonido.

SUSTAIN: Periodo donde el sonido permanece hasta detenerse o hacerse inaudible.

NOTA: Sonidos ordenados que representan un ámbito sonoro (grave o agudo)

ESCALA: Conjunto de notas ordenados de forma ascendente o descendente, dependiendo de tono (grave o agudo).

DELAY: Retraso de un sonido generando un efecto de multiplicación y retraso modulado de una señal sonora. El eco sonoro surge de este efecto.

Componente Visual

Se definió la importancia de evocar algo orgánico pero tecnológico, dado al puente que permite construir este último entre plantas-humanos. Por otro lado, como los potenciales eléctricos surgen de un cambio iónico en la membrana celular, se buscó que esta vi-

visualización tuviera un carácter membranoso y de partículas. Por último, se decidió que este debiese ser azaroso dada a la respuesta no lineal de los potenciales eléctricos de la planta. Luego, tras definir estos atributos formales de la visualización, se establecieron los parámetros de esta, los que van surgiendo de la onda auditiva producida en el componente audiovisual. La decisión de esto se produjo al querer enriquecer lo más posible la información del pulso en todas sus aristas distintas. A continuación los parámetros asociados a esta parte, junto con el componente auditivo que lo ejecuta.

1) **MOVIMIENTO /DINAMISMO DE LAS LÍNEAS;** variación de esta dependiendo de la energía y periodo de la onda sonora agregando densidad en caso de tener más energía y viceversa.

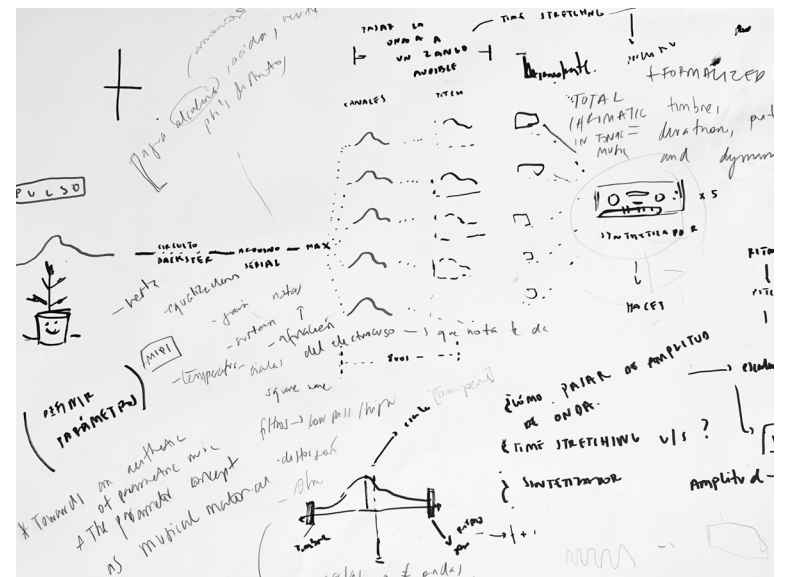
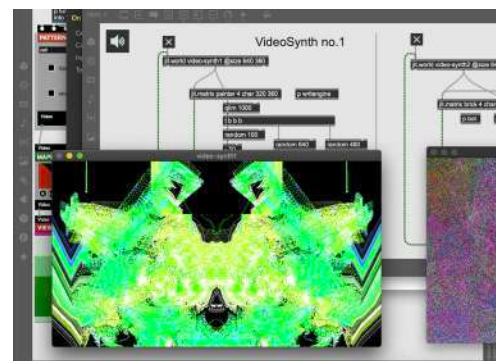
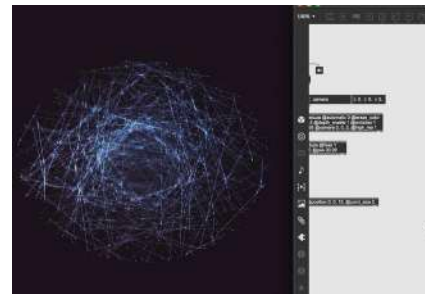
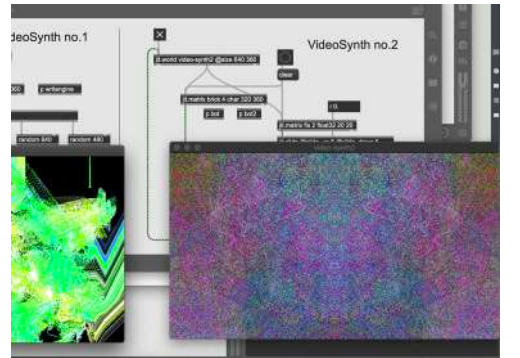
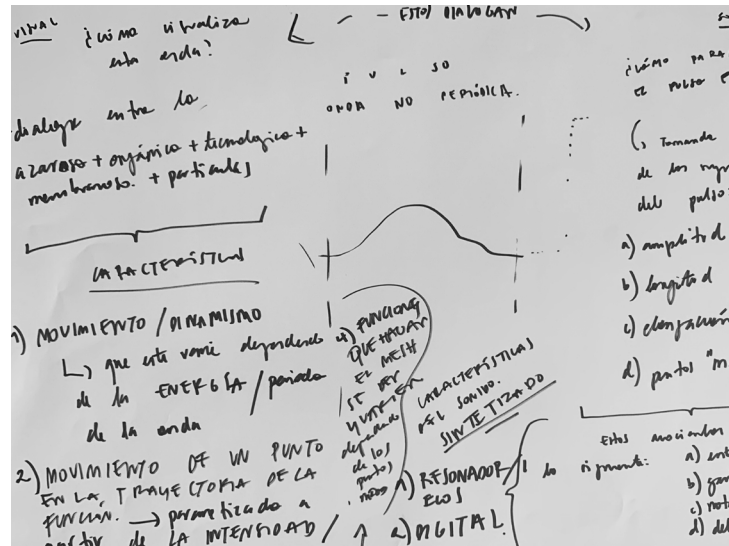
2) **MOVIMIENTO DE UN PUNTO EN LA TRAYECTORIA DE LA FUNCIÓN:** A partir de la intensidad y amplitud sonora, asociar el dinamismo de un punto de la función construida. Creando el dinamismo previamente descrito.

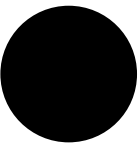
3) **PALETA DE COLORES** de la visualización vaya variando con la elongación del componente auditivo.

4) FUNCIONES QUE GENERAN LA FIGURA TRIDIMENSIONAL o mesh, que vayan variando en su tamaño dependiendo de los puntos máximos de lo sonoro.

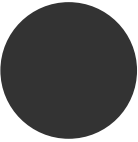
► Planificación de programa de Max, acercamiento a la asociación de parámetros del pulso con acciones del programa junto a exploraciones del programa. Diagrama hecho por la alumna Daniela Collarte

Propuesta Final | Codificación y Traducción de Parámetros del Pulso





BACKSTER
plantae



BACKSTER
plantae



BACKSTER
plantae



BACKSTER
plantae



BACKSTER
plantae



BACKSTER
plantae



Etapas Complementarias

Identidad de Backster Plantae

◀ Logo Backster Plantae, paleta de colores. Registro de la alumna Daniela Collarte

La identidad del proyecto es relevante tanto para la visualización audiovisual final como para comunicar y difundir la bitácora digital.

A continuación se explicará el origen del nombre «backster plantae», el logotipo junto a registro del instagram desarrollado para mostrar el proyecto.

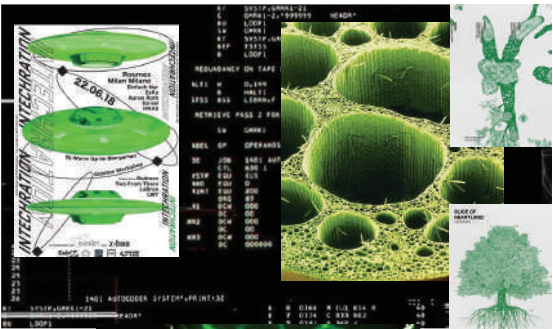
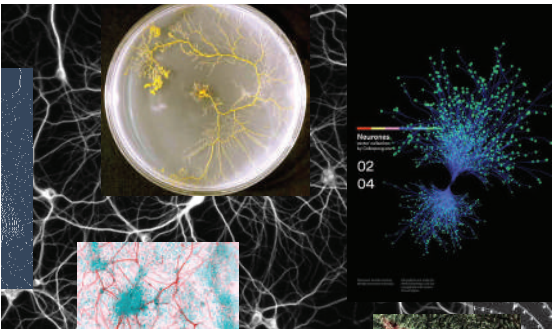
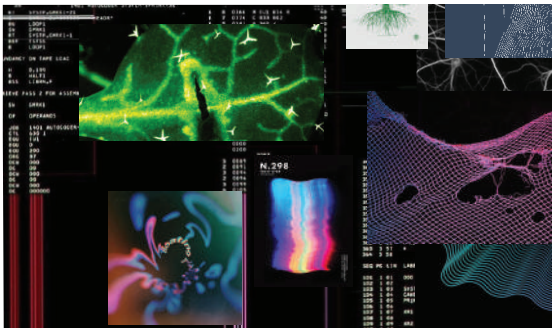
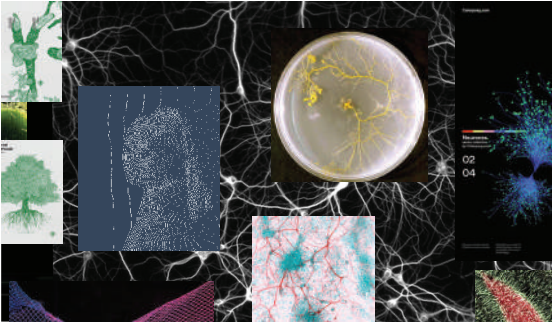
NOMBRE «BACKSTER PLANTAE»

La primera parte del nombre «backster» nace por Cleve Backster quien fue el primero en hablar de la percepción primaria en las plantas. Este concepto surge ya que Cleve conectó una planta Dracena a un polígrafo, más bien conocido como detector de mentiras, a la planta viendo como esta reaccionaba a las intenciones reales de una persona al tener un encendedor y querer quemarla o no. Para la época que este estudio se realizó, fue bastante polémico, dado que no tenía mucha credibilidad. No obstante, fue Backster junto a otros científicos quienes abrieron el mundo de la neuro botánica en el mundo científico. Por la inspiración que significó Backster, se tomó su apellido para el nombre de la propuesta final. En segundo lugar, «plantae» nace del Reino Plantae, nomenclatura de plantas en latín cuya semántica le da un

carácter científico y botánico al proyecto.

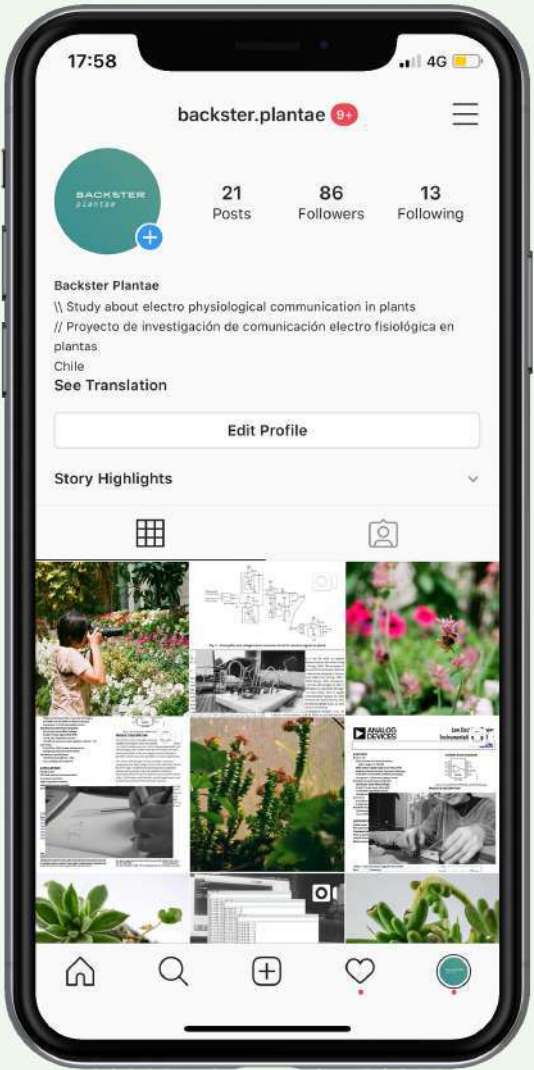
DESARROLLO INSTAGRAM BACKSTER PLANTAE

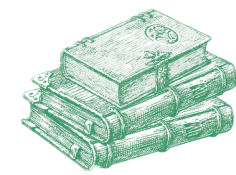
El instagram surge con la necesidad de hacer una bitácora digital e ir mostrando los avances del proyecto.



◀ Moodboard de la identidad gráfica de Backster Plantae. Registro de la alumna Daniela Collarte

▶ Instagram Backster Plantae. Desarrollado por la alumna Daniela Collarte.





CAPÍTULO 6

Conclusión



Conclusiones del Proyecto

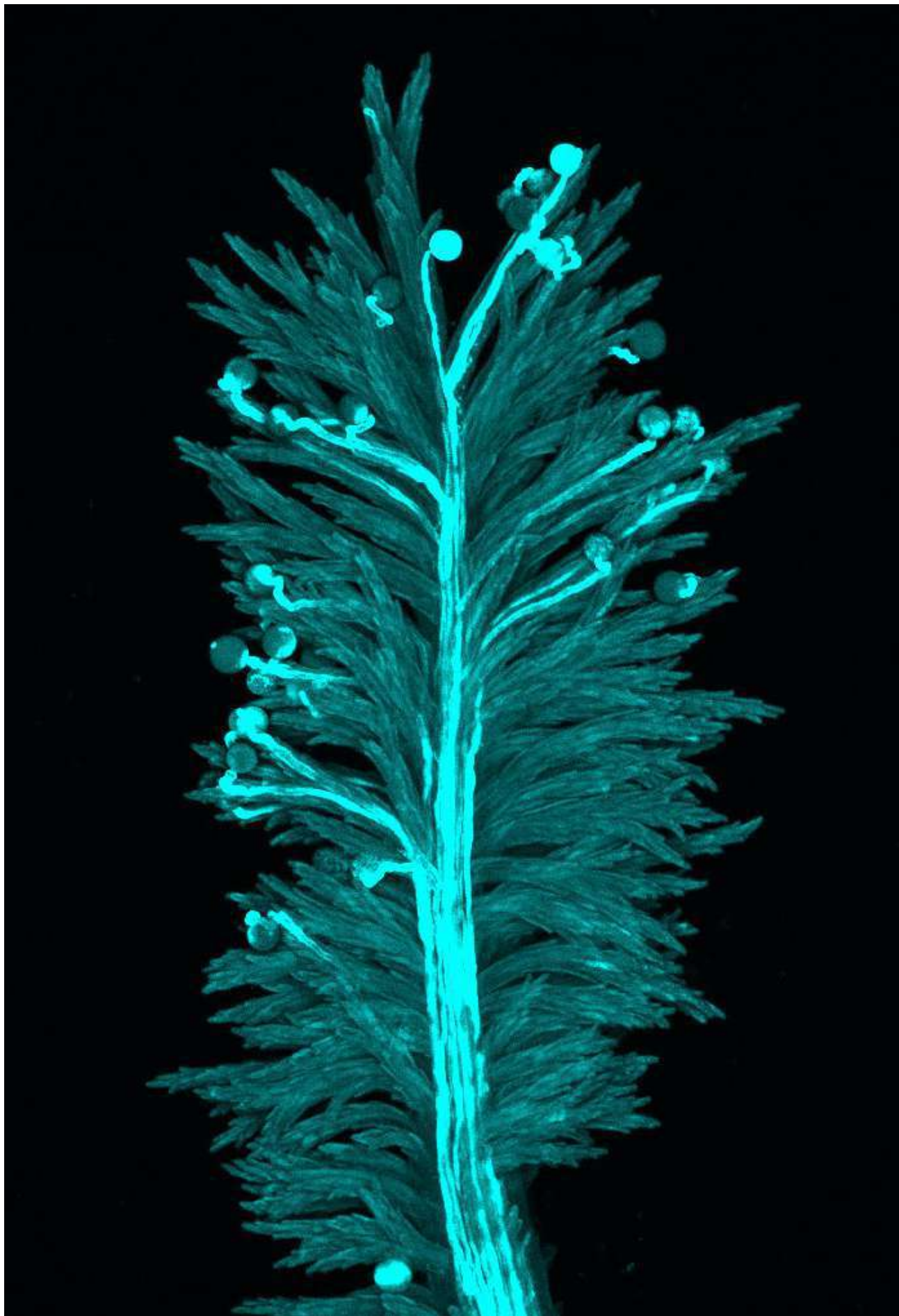
◀ **Fotografía**
análoga de Mimosa
Púdica. Registro
fotográfico por la
alumna Daniela
Collarte.

Es concluyente que el estudio de las plantas y su relación con el ser humano es indispensable para comprender tanto la manera en que nosotros funcionamos, como el entorno que nos rodea. El mundo electrónico y la tecnología, en el contexto que estamos viviendo, se ha hecho parte de nuestra vida cotidiana, por lo que no es muy alejado pensar que utilizando estos recursos, podamos tener un acercamiento más estrecho entre organismos vivos. La oportunidad de aprovechar los estímulos de las plantas, acompañado del arte y la tecnología, genera una integración de conceptos que pueden ser muy beneficiosos para el mundo del conocimiento y del diseño.

Si bien desde un principio, se supo que el proyecto tenía un alto grado de complejidad, el avance de este en base a testeos, experimentos y análisis, ha permitido validar que las plantas efectivamente son seres sensitivos. Si bien, los resultados de la hipótesis no fueron cien por ciento los esperados, existe un grado de conformidad, en cuanto a que sí existe un enlace entre persona y planta. A pesar de que este no haya sido completo, el factor tiempo juega un papel muy importante, y en base a los resultados obtenidos hasta ahora, se puede

estimar que dentro del rango de aproximadamente un año, si se sigue con la misma metodología llevaba hasta ahora, se podrían conseguir los desenlaces esperados. Esto, dado que el enlace de planta y persona tiene que ser más largo, al igual que el estudio de emociones.

Por otro lado, el proyecto tiene potencial para ser extrapolado a otras áreas, como lo podría ser el mundo de la música, en donde la creación de composiciones sonoras a partir de las plantas podría ser un aspecto interesante no solo en términos recreativos, sino para generar experiencias sinestésicas. En este mismo sentido, el mundo del arte también es un área interesante para generar visualizaciones, que en un futuro además podrían ser incorporadas al área de la educación a través de experiencias inter especies.



Reflexión Personal

«Stigma de planta de arroz.
Fotografía microscópica por
Rowena Oane

En términos personales, el desarrollo del proyecto ha sido un gran periodo de aprendizaje, dado que no solo se han podido aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, sino que se ha podido experimentar con diferentes softwares de codificación y programación, tales como Python, Max MSP y Arduino. Además, el proceso de investigación previo que se realizó, permitió adquirir conocimientos teóricos muy interesantes, como lo es el mundo de la neurobotánica, la inteligencia de las plantas y la comunicación interespecie, conocimientos que posiblemente se pueden extrapolar a otras áreas, como lo es el mundo animal.



CAPÍTULO 7

Referencias Bibliográficas

Libros, artículos

Adamson, J., Allen, B., & Schliephake, C. (s. f.). Series Editor: Douglas A. Vakoich, California Institute of Integral Studies, USA. 308.

Cochrane, T. (2009). Eight dimensions for the emotions. *Social Science Information*, 48(3), 379-420. <https://doi.org/10.1177/0539018409106198>

Fontaine, J. J. R., Scherer, K. R., & Soriano, C. (Eds.). (2013). Components of emotional meaning: A source-book. Oxford University Press.

Gagliano, Monica. (2017). Breaking the Silence: Green Mudras and the Faculty of Language in Plants.

Sommerer, C., Jain, L. C., & Mignonneau, L. (Eds.). (2008). The Art and Science of Interface and Interaction Design (Vol. 141). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-79870-5>

Volkov, A. G. (Ed.). (2006). Plant electrophysiology: Theory and methods. Springer.

Tesis e investigacionees científicas

Alberto Francisco Serrano Rolin. (2013). Neurofisiología de Plantas Frutales. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Christmann, A., & Grill, E. (2013). Electric defence. *Nature*, 500(7463), 404-405. <https://doi.org/10.1038/500404a>

Fromm, J., & Lautner, S. (2007c). Electrical signals and their physiological significance in plants: Electrical signals in plants. *Plant, Cell & Environment*, 30(3), 249-257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>

G. Volkov, A., B. Shtessel, Y., 1 Department of Chemistry, Oakwood University, Huntsville, AL 35896, USA, & 2 Department of Electrical and Computer Engineering, University of Alabama in Huntsville, Huntsville, AL 35899, USA. (2017). Electrotonic signal transduction between Aloe vera plants using underground pathways in soil: Experimental and analytical study. *AIMS Biophysics*, 4(4), 576-595. <https://doi.org/10.3934/biophy.2017.4.576>

Hassanien, R. H. E., Tian-zhen, H. O. U., Yu-feng, L. I., & Bao- ming, L. I. (2014). Advances in Effects of Sound Waves on Plants. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(2), 335–348. doi: <https://doi.org/10.1016/>

S2095-3119(13)60492-X

Huber, A. E., & Bauerle, T. L. (2016). Long-distance plant signaling pathways in response to multiple stressors: The gap in knowledge. *Journal of Experimental Botany*, 67(7), 2063-2079. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw099>

Karban, R. (2008). Plant behavior and communication. *Ecology Letters*, 727-739. doi:10.1111/j.1461-0248.2008.01183.x

Khait, I., Obolski, U., Yovel, Y., & Hadany, L. (2019). Sound perception in plants. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 92, 134-138. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2019.03.006>

Oyarce, P., & Gurovich, L. (2011a). Evidence for the transmission of information through electric potentials in injured avocado trees. *Journal of Plant Physiology*, 168(2), 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.06.003>

Qin, Y.-C., Lee, W.-C., Choi, Y.-C., & Kim, T.-W. (2003). Biochemical and physiological changes in plants as a result of different sonic exposures. *Ultrasonics*, 41(5), 407-411. [https://doi.org/10.1016/S0041-624X\(03\)00103-3](https://doi.org/10.1016/S0041-624X(03)00103-3)

Rocco Castro, R. N. (2012). Electrofisiología en platas frutales leñosas. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Role of early signalling events in plant–insect interactions | *Journal of Experimental Botany* | Oxford Academic. (s. f.). Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://academic-oup-com.pucdechile.idm.oclc.org/jxb/article/66/2/435/2893261?searchresult=1>

Volkov, A. G., Foster, J. C., Ashby, T. A., Walker, R. K., Johnson, J. A., & Markin, V. S. (2010). Mimosa pudica: Electrical and mechanical stimulation of plant movements. *Plant, Cell & Environment*, 33(2), 163-173. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02066.x>

Wang, Z.-Y., Leng, Q., Huang, L., Zhao, L.-L., Xu, Z.-L., Hou, R.-F., & Wang, C. (2009a). Monitoring system for electrical signals in plants in the greenhouse and its applications. *Biosystems Engineering*, 103(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.01.013>

Whippo, C. W., & Hangarter, R. P. (2009). The “sensational” power of movement in plants: A Darwinian system for studying the evolution of behavior. *American Journal of Botany*, 96(12), 2115-2127. <https://doi.org/10.3732/ajb.0900220>

Yan, X., Wang, Z., Huang, L., Wang, C., Hou, R., Xu, Z., & Qiao, X. (2009). Research progress on electrical signals in higher plants. *Progress in Natural Science*, 19(5), 531-541. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.08.009>

Zebelo, S. A., & Maffei, M. E. (2015). Role of early signalling events in plant-insect interactions. *Journal of Experimental Botany*, 66(2), 435-448. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru480>