



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARTES
PROGRAMA DE MAGISTER EN ARTES MEDIALES

SIMBIOSIS MEDITATIVA

JEAN DANTON LAFFERT PARRAGUEZ

Tesis para optar al título de magister en artes mediales

Profesor Guía:

Nestor Olhagaray, magister en dirección de fotografía

Miembros de la comisión:

Daniel Cruz, magister en artes

Christian Oyarzún, magister en artes mediales

Santiago de Chile, 2015

RESUMEN

Este proyecto de tesis investiga sobre las posibilidades de una obra de arte de, conformándose como sistema multimedial, establecer relaciones estéticas entre material electrónico y biológico. En este caso en particular, se busca un estado de interdependencia entre una especie vegetal viva y una imagen digital basada en código, tomando como punto de partida la lectura del proceso de fotosíntesis de la especie, la transformación de éste en dato informático y luego la generación de patrones gráficos que, proyectados sobre la superficie de la planta, influyen en el mismo proceso de fotosíntesis desde el cual se han obtenido los datos originales. Así, se busca configurar un ciclo dinámico de datos informáticos y reacción biológica, que finalmente han de proponer una “imagen simbiótica” que colinda entre lo natural y lo electrónico.

Desde aquí, este proyecto busca plantear una estética basada en lo sincrético, que pueda contener y expresar ideas relativas al orden armónico de la naturaleza reflejado en la geometría, las posibilidades plásticas de un sistema autogenerado y la relación entre lo vivo y lo sintético, como una reflexión conceptual sobre el hombre y la naturaleza en el contexto de la tecno-modernidad.

Palabras clave: Sistema interdependiente, arte y vida orgánica, arte generativo, simbiosis, naturaleza y contemplación.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por su apoyo constante en todos mis procesos.

A Andrea Soledad Stuardo, por su orientación en los temas relacionados con biología.

A Juan Francisco Campos Serrano, por la revisión de conceptos matemáticos

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Fundamentos conceptuales	3
2.1 Naturaleza, símbolo y proporción	3
2.2 Expresar lo inexpresable	12
2.3 La Nada antes de la imagen	18
3. Fundamentos técnicos	28
3.1 Fractales	28
3.1.2 Aplicaciones	33
3.2 Sistema bio-lógico	39
3.2.2 Intersecciones	47
4. Contexto de obra	52
4.1 Arte, ciencia y tecnología	52
4.1.2 Arte y vida orgánica	53
4.1.3 Arte y sistema	57
4.1.4 Arte algorítmico	60
4.1.5 Arte conceptual	64
4.2 El contexto latinoamericano y nacional	66
5. Descripción y análisis de obra	74
5.1 Descripción general	74
5.2 Objetivos	75
5.3 Imágenes	76

5.4 Descripción técnica	81
5.5 Estudios previos	94
5.5.2 Obras anteriores	100
6. Conclusiones	104
7. Bibliografía	107
8. Anexos	113
8.1 Código del patrón gráfico	113
8.2 Código de control de sensores	117

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesis es el resultado de una metódica investigación iniciada en 2012 en torno a conocimientos diversos e intentando ejercer congruencia entre ellos. Simbiosis Meditativa, título del proyecto, es una obra de arte que interrelaciona código informático, física computacional y biología con el fin de establecer un discurso estético multimedial; y desde esta base proyecto mi trabajo dentro del máster en artes mediales como la concreción de conocimientos adquiridos en él.

A grandes rasgos, mi proyecto propone una instalación que explora un estado de interdependencia entre un organismo vivo y un sistema electrónico, buscando un resultado estético de esta simbiosis. Ésta simbiosis está dada en un plano tanto visual como técnico, pues en esta obra se busca producir una dinámica de funcionamiento cíclico entre la fotosíntesis de una planta y una imagen digital proyectada sobre ella, ésta última construida a partir de una programación en código que la hace sensible al mismo proceso fotosintético de la planta; todo funcionando por medio de un contenedor y sensores conectados a un computador. Mi proyecto conforma así un proceso tecnológico-biológico que dentro de la estética propuesta, alude también a una percepción contemplativa. En otras palabras, a través de un proceso controlado, racional y tecnocientífico, se busca producir una experiencia sensitiva.

La idea de Simbiosis Meditativa surge de la motivación por buscar un cruce entre arte y naturaleza utilizando métodos propios de las artes mediales. Ésto último porque creo que es posible establecer un diálogo conceptual, técnico y estético profundo entre arte, naturaleza y tecnología, en el contexto de una etapa crítica de la sociedad actual que aspira a establecer un desarrollo tecnológico y económico sustentable.

Por otro lado, el proyecto se plantea también como una consecuencia de mi experiencia artística previa. Desde 2007 he incursionado en el arte digital en diversos formatos (videoarte, instalación y fotografía). En éstos, en muchos casos he apuntado a una reflexión sobre los desplazamientos de lo natural hacia lo artificial, desde la relación del hombre con la naturaleza versus la sintetización o artificialidad de su entorno físico y cultural. Ya desde un plano personal, considero válido mencionar que un punto de inflexión en mi trabajo creativo fue dado entre 2008 y 2009, año en el cual estuve viviendo en la Patagonia chilena. Un viaje de intuición personal. El encuentro directo con la naturaleza indómita, las montañas y los glaciares, fue para mí una experiencia marcadora, en la cual pude definir un sentido claro a lo que quería expresar como discurso estético propio, no sólo sobre una obra específica sino que sobre una línea visual integral, que es relativa a este tema pero planteada desde los instrumentos y técnicas contemporáneas de creación. Dentro de este camino de búsqueda y evolución que más tarde me llevará también al Máster en Artes Mediales, creo válido sugerir como hipótesis general para este proyecto de tesis, el siguiente planteamiento: ¿Es posible establecer nexos entre arte electrónico y vida orgánica, como analogía y reflexión estética sobre la relación del hombre con la naturaleza dentro del contexto de la sociedad contemporánea hipertecnologizada?

En cuanto a la forma de abarcar este proyecto, voy a dividir la tesina en cuatro temas principales: fundamentos conceptuales, fundamentos técnicos, contexto, y descripción de obra. A través del primer tema profundizaré en las teorías, símbolos, o conceptos que fundamentan mi obra desde su configuración plástica. Luego, en el segundo tema, desglosaré la estructura informática, electrónica y biológica de la misma y cómo éstos están relacionados con los fundamentos conceptuales. El tercer capítulo apunta a cómo mi proyecto se contextualiza en el panorama nacional y global de las artes mediales, para finalmente en el último capítulo, desglosar en detalle el sistema de funcionamiento y diseño de la obra.

2. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

2.1 Naturaleza, símbolo y proporción

Todas las cosas están llenas de signos, y un hombre sabio puede saber de una cosa a partir de otra.
-Plotino

Los símbolos son, entre otras cosas, elementos que dentro de una cultura evocan una relación de identidad con una realidad, una idea o un conocimiento específico. En torno a esto, en este apartado intentaré establecer relaciones entre figuras cargadas de simbolismo que se aplican a un análisis ontológico de la naturaleza, ya que desde aquí es de donde proviene la motivación original para la estética de *Simbiosis Meditativa*. Éstos elementos son a la vez pistas que develan lo que históricamente el hombre ha logrado descubrir sobre la naturaleza a través del conocimiento perceptivo, la observación o la lógica. Me aplicaré entonces a símbolos que, estando dentro del campo del misticismo, la numerología, el arte, la geometría u otras disciplinas, establecen una conexión directa con mi proyecto.

Desde la perspectiva del arte, cierta geometría que escapa de la esfera puramente matemática es permeable a una conceptualización, a una concepción estética que potencia las capacidades de las artes visuales de indagar en la esencia de los fenómenos naturales. Desde los sólidos platónicos hasta la sección áurea; o desde la lacería islámica hasta la geometría fractal; hay más de un ejemplo en los cuales una estructura geométrica se extrapola a otros campos del conocimiento. Sin embargo, tras todas las variantes es posible concluir que, históricamente, la idea principal ha gravitado siempre en torno al concepto de *Proporción*¹.

1- La palabra *Proporción* viene del latín *proportio* o *proportionis* (relación entre cosas que están puestas frente a otras). Esta palabra, que está compuesta con el prefijo *pro* y *portio* es un calco del griego *Analogía*. Umberto Eco la utiliza

El filósofo griego Heráclito sostuvo que todo cambia constantemente y que existe un *Logos* (proporción) subyacente a todo ello. La proporción de la que hablaba Heráclito era un reflejo de esa simetría entremezclada, una armonía en la que las diferencias están unificadas, no separadas ni polarizadas. Sin contar con la lógica matemática de que disponemos hoy en día, los antiguos griegos entendieron que “la proporción es una relación en la que las diferencias forman parte del conjunto”(3)². El *Logos* representaba para ellos una experiencia, no un concepto, y suponía una relación que abarcaba tanto al observador como al observado. Menciona Priya Hemenway; “el arte, cuando está inspirado por el *Logos*, adquiere una cualidad divina”³. Para Umberto Eco, en la Edad Media el valor moral se funda en gran parte sobre bases estéticas, donde el número, el orden, la proporción (*proportio*) son principios tanto ontológicos como éticos y estéticos (67)⁴. Por otro lado, los sabios védicos se veían a sí mismos como artistas universales que, al igual que los dioses que veneraban, unían las cosas debidamente y, en el proceso, ayudaban a crear la realidad en que vivían. La cultura védica, como numerosas culturas antiguas, contaba con dibujos geométricos sagrados que representaban a sus dioses, así como con vibraciones sonoras sagradas que correspondían a dichos dibujos.

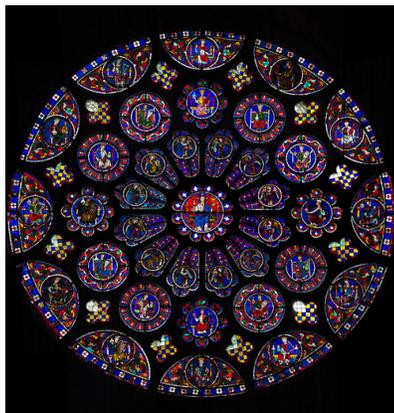


Fig.1. Rosetón gótico, catedral de Chartres. Una manifestación del arte medieval de Occidente en torno a la *proportio* y su carácter místico.



Fig.2. Shri Yantra. Yantra significa “instrumento” y designa algo parecido a nuestro talismán o amuleto.

² Hemenway, Priya. *El código secreto. La misteriosa fórmula que rige el arte, la naturaleza y la ciencia*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

³ *Ibidem*

⁴ Eco, Umberto. *Arte y belleza en la estética medieval*. BuenosAires, Debolsillo, 2012.

A partir de esta noción de *proporción*, transversal a muchas manifestaciones artísticas alrededor del mundo y la historia, es posible esgrimir algunos elementos estéticos útiles para comprender conceptualmente el proyecto Simbiosis Meditativa. La obra en cuestión, se perfila como un objeto de arte que recurre, en su diseño, a una figura geométrica principal; el hexágono. Desde esta figura se ha diseñado tanto el volumen físico (el contenedor) como su estructura informática (el patrón gráfico que se proyecta sobre la planta). ¿Cuál es el sentido de recurrir a esta figura y su relación con esta idea/experiencia de *proporción*?

La *proporción* como concepto universal se ramifica en subelementos, símbolos derivados, ideas alquímicas. Debemos pensar primeramente en los sólidos platónicos: cubo, tetraedro, octaedro, icosaedro y dodecaedro; desde los cuales el estudio de sus formas representaba “el objetivo cúlmine del antiguo conocimiento geométrico y esotérico en la antigua Grecia”(150)⁵ en una época que, por cierto, no establecía límites entre ciencia y filosofía. Esta idea deriva de la *proporción áurea*, y se sustenta en la noción de que al ser los únicos poliedros regulares, cada una de éstas formas encaja perfectamente dentro de una esfera⁶ y ofrece una vista idéntica en todas las direcciones, además, sus superficies tienen siempre la misma forma(150)⁷. En consecuencia, a partir de estos cuerpos se podrían representar todos los estados posibles de la materia: Tierra, Fuego, Aire, Agua y Cosmos (este último como el elemento que mantenía a todos los otros unidos).

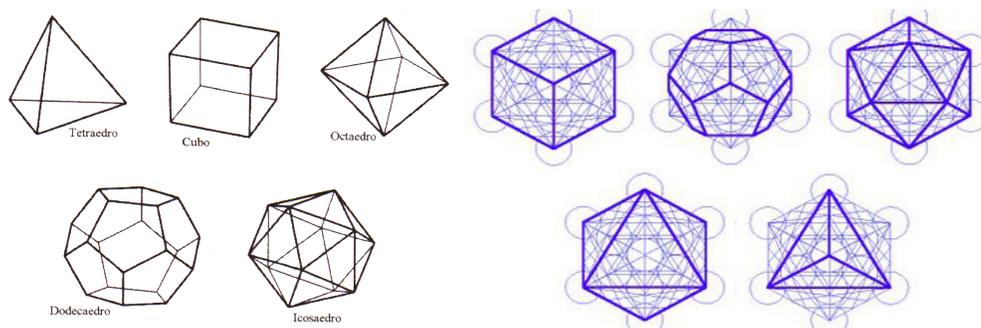


Fig.3. Sólidos platónicos como figuras planas y volumétricas.

⁵ Hemenway, Priya. *El código secreto. La misteriosa fórmula que rige el arte, la naturaleza y la ciencia*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

⁶ En el conocimiento clásico a la esfera es la forma más perfecta y contenedora en el universo. *Ibidem*(151).

⁷ *Ibidem*

Pero éstas eran ideas metafísicas que concretamente no podemos comprobar en el mundo físico, aunque según los estudios científicos de las últimas décadas, “la materia no es más que una conformación ordenada de la energía”⁸. Pero llendo aún más allá, en un plano bidimensional, existen figuras geométricas que además de contener un carácter simbólico o alquímico, se relacionan de algún modo con la realidad física. Éstas son el cuadrado, el triángulo y el hexágono. Volumétricamente, desde el cuadrado y el triángulo se conforman los sólidos platónicos de cubo, tetraedro, octaedro e icosaedro. El quinto elemento, dodecaedro, proviene del pentágono. En una primera instancia el hexágono no tiene lugar, pero luego de una observación detallada podemos comprender dos puntos:

- a. Al instaurar los sólidos platónicos en un espacio bidimensional, todos estos se conforman reticularmente dentro de una figura de seis vértices o hexágono (ver figura anterior).
- b. El análisis de la disposición en un espacio bidimensional de figuras poliédricas regulares, nos permite acercarnos al entendimiento de la estructura molecular de la materia⁹.

El segundo punto es clave para entender el sentido del hexágono como fundamento y como inspiración estética para SM. Aquí entramos en un plano no netamente simbólico sino que también científico. Hay tres formas regulares posibles que, revestidas entre sí a modo de teselación, describen geoméricamente la conformación de la materia en estado sólido; precisamente el cuadrado, el triángulo equilátero y el hexágono regular. Para comprender esto debemos saber que la materia sólida sólo puede adoptar dos formas básicas: cristalina o amorfa¹⁰. Ya desde el siglo XVII, Johannes Kepler había hecho observaciones sobre este tema:

⁸ Véase: C.C. Radovic. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Santiago, Chile. Edit. Universitaria. 2009.

⁹ Véase: Hemenway, Priya. *El código secreto*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008. Pág 159.

¹⁰ *Ibidem*. Pag. 156

“Si las moléculas de un cuerpo sólido aparecen dispuestas de forma ordenada, decimos que es ordenado o *cristalino* (el hielo, los diamantes, la sal de mesa, el azúcar). Si, por el contrario, las moléculas de un cuerpo sólido no están dispuestas en ningún orden, decimos que dicho cuerpo es *amorfo* (cerámica, algunos plásticos y el vidrio)”(156)¹¹

Entre estos dos estados, se considera que el cristalino se ajusta a varias reglas. Una de ellas dice que las unidades de cristales son periódicas, es decir, que tienen una estructura repetitiva con una unidad que puede apilarse y repetirse hasta crear el conjunto del cristal. La segunda regla es que esta repetición solo puede contener determinados tipos de simetría: doble, triple, cuádruple y séxtuple. Los científicos después de Kepler confirmarían esta teoría que explica la forma de llenar un espacio de forma regular y sin dejar huecos¹²; pero Kepler también realizó otras observaciones al respecto, tales como la disposición de los granos de una granada y las comparó con otras estructuras similares, en particular los copos de nieve y los panales de abejas(156-157).¹³ Suponiendo que la naturaleza siempre adopta el medio más eficiente para lograr su propósito, los patrones regulares de las granadas, los panales y los copos de nieve pueden explicarse examinando un sistema de esferas y los cuerpos geométricos que conforman cuando se disponen naturalmente en un espacio bidimensional o tridimensional¹⁴. Desde aquí el hexágono se fundamenta en sí mismo como una figura que por sus propiedades regulares es un recurso constante en la naturaleza, y que representa la máxima eficiencia en la disposición de la materia en el espacio. Al respecto quisiera citar un detallado estudio realizado por los ingenieros B. L. Karihaloo, K. Zhang, J. Wang, de la escuela de ingeniería de Cardiff, Reino Unido, respecto a la conformación hexagonal de los panales de abejas y cómo éstos derivan naturalmente de células circulares: *Honeybee combs: how the circular cells transform into rounded hexagons* (2013)¹⁵.

¹¹ Hemenway, Priya. *El código secreto*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

¹² *Ibidem*. Pag 157

¹³ *Ibidem*. Pag 158

¹⁴ <<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/10/86/20130299>>

¹⁵ Paper versión pdf: <<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/10/86/20130299>>

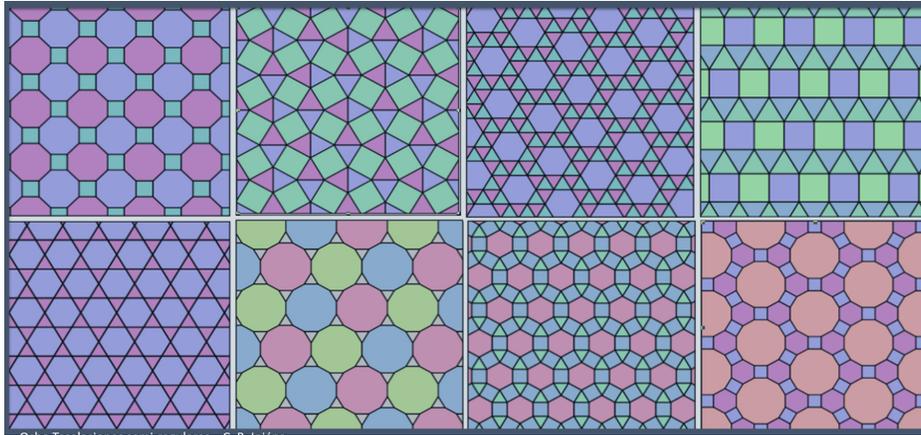


Fig. 4. En el mundo natural, vemos por todas partes fenómenos similares al mosaico. Estos son los ocho tipos posibles de mosaico simétrico utilizando formas regulares. La condición es que los patrones deben estar dispuestos de la misma manera alrededor de cada vértice (159).¹⁶

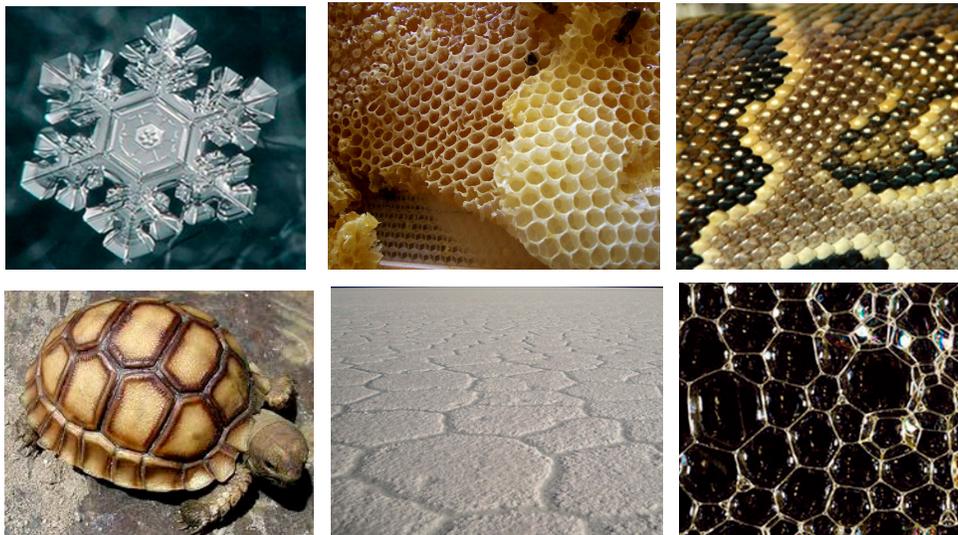
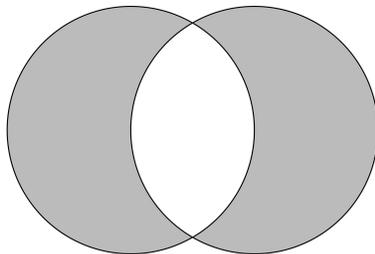


Fig. 5. Diversos ejemplos de la forma hexagonal presente en la naturaleza. Desde panales hasta el pelaje de serpientes, corazas de tortugas, cúmulos de burbujas o formaciones geológicas.

Pero volviendo al plano de lo simbólico, esta figura, de la cual ya podemos comprender parte de su sentido físico y metafísico, puede además desplazarse al plano numerológico. El hexágono es una figura que está íntimamente ligada al triángulo, y el triángulo es la tríada. El tres es una cifra singular: es el único número que equivale a la suma de todos los inferiores a él (uno más dos es tres) y el único cuya suma con los

¹⁶ Hemenway, Priya. *El código secreto*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

inferiores a él equivale a su producto (uno más dos más tres es igual a uno por dos por tres)(53)¹⁷. Hubo filósofos matemáticos antiguos que equiparaban la tríada a la prudencia, la sabiduría, la piedad, la paz y la armonía. Para ellos, “la forma de la tríada era una manifestación de relación y equilibrio”(53)¹⁸. El “uno” (mónada) y el “dos” (díada) se consideraban los progenitores de todos los demás números. La tríada es la primogénita, el número de más edad. Su expresión geométrica, el triángulo equilátero, “es también la primera forma que emerge de la *vesica piscis*”(53)¹⁹ (ver figura inferior), es la primera de los “muchos”. En la tradición cristiana representa la *trinidad*. Esta palabra deriva de “*trinidad*” o “*tres como uno*”, y el triángulo es el símbolo por excelencia de la divinidad en todo el mundo. Los antiguos dioses de la religión hindú se denominan *Trimurti*, que en sánscrito significa “un todo que tiene tres formas”.



“La forma de los círculos superpuestos ha aparecido una y otra vez desde tiempos inmemoriales. Es una antigua figura denominada *Vesica Piscis*, que en latín significa “vejiga de pez”. En la tradición cristiana constituye una referencia a jesusristo y el “pez” (podemos verla en el Pantocrátor de la imagen superior). En la India se denomina mandarla y ya era conocida en las antiguas civilizaciones de Mesopotamia, África y Asia.”(50)²⁰

¹⁷ *Ibidem*

¹⁸ *Ibidem*

¹⁹ *Ibidem*

²⁰ *Ibidem*

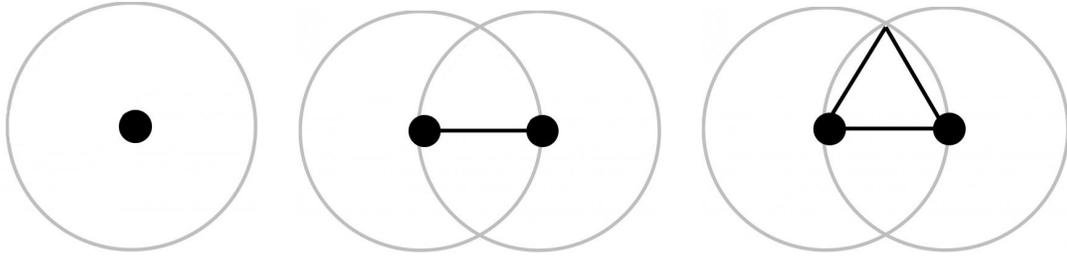


Fig.7. Mónada , Díada y Triada.

Diógenes Laercio (siglo III a.c) cita a escritores anteriores cuando describe la estructura de la cosmología pitagórica: *“El principio de todas las cosas es la mónada o unidad; partiendo de esta mónada, la indefinida díada o dos sirve de sustrato material de la mónada, que es la causa; de la mónada y la díada surgen los números; de los números, puntos; de los puntos, líneas; de las líneas, figuras planas; de las figuras planas, figuras sólidas; de las figuras sólidas, cuerpos sensibles (...)”*(50).²¹

Jámblico (hacia 250-330), filósofo griego neoplatónico, menciona: *“La tríada posee una belleza especial más allá de los números, sobre todo porque es la primera en hacer realidad las posibilidades de la mónada”*(53).²²



Fig.8. La Santísima Trinidad, de Andrei Rublev, hacia 1370-1430

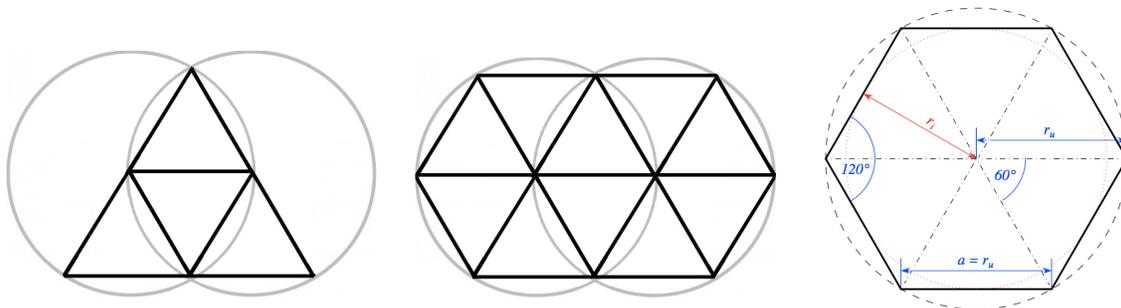


Fig 9. El Creador, el Mantenedor y el Destruyedor en el hinduismo; Brahma, Vishnú y Shiva, ejecutando la danza de la felicidad. India, Andhra Pradesh, hacia 1760.

²¹ Hemenway, Priya. *El código secreto*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

²² *Ibidem*

Finalmente, el triángulo puede extenderse más allá de la *vesica piscis* si prolongamos las líneas a través de los centros de los círculos hasta que alcancen los lados opuestos de ellos. Al unir ambos puntos con una línea horizontal aparece un triángulo más grande. Mediante nuevas prolongaciones y uniones se llega a figuras como el hexágono, que representan también una profunda armonía²³. No olvidemos que, geoméricamente, uniendo cada vértice con su opuesto, el hexágono regular es una composición de seis triángulos equiláteros, y además es inscriptible y circunscribible en una circunferencia²⁴.



A través de estas observaciones, Simbiosis Meditativa encuentra inspiración en una estética basada en la noción de armonía. Esta armonía es derivada de la *proportio*, *logos*, o simplemente la proporción. El hexágono es una posibilidad más dentro de un universo de formas interrelacionadas que dialogan simbólicamente a través de esta idea de proporción; siendo a la vez un encuentro entre sensibilidad estética y un entendimiento lógico de estructuras y patrones presentes en la naturaleza. Hecho que, por lo demás, se circunscribe en la historia del arte y de los símbolos.

²³ *Ibidem*. Pag. 53

²⁴ Ver: <<http://mathworld.wolfram.com/Hexagon.html>> <<http://mathworld.wolfram.com/RegularPolygon.html>>

2.2 Expresar lo inexpressable

Una figura o forma, en la historia del arte, no sólo puede funcionar tanto recurso simbólico sino también como ideal estético en sí mismo. El símbolo o *logos*, tal como lo hemos revisado hasta ahora, puede en algunos casos ser insuficiente para describir ciertos aspectos de la realidad; por ejemplo, si nos queremos referir a la naturaleza o universo desde la perspectiva de su origen o quizás con una visión específica sobre lo divino²⁵. Aquí es más adecuado aplicarnos sobre la cualidad de la forma. Platón, en su *Teoría de las formas*²⁶, llamaba a esto un *eidos*, o aspecto exterior con significado de “forma”, “aspecto” o “tipo”, que adquiere un significado filosófico.

Un elocuente ejemplo del uso de la forma como ideal estético se presenta, por ejemplo, en el arte islámico tradicional. Voy a establecer un apartado específico a esta manifestación artística pues articula otro de los pilares que fundamentan la obra Simbiosis Meditativa. Veremos más adelante como entre ambos se establecen puntos en común a partir de, entre otras cosas, los patrones gráficos proyectados sobre la especie vegetal.

Podemos decir que el arte islámico se sirve de patrones geométricos que tienen como fin principal “no ilustrar miméticamente, sino abarcar y sintetizar un orden divino entendido para el Islam como la creación de *Alá*”²⁷; y a partir de éste, el orden de la naturaleza y el cosmos.

Desde su desarrollo pleno, el Arte Islámico ha tenido como motivación estética la negación del ícono; esto sería una contradicción del símbolo, pero más que apuntar a la iconoclasia, es más adecuado referirnos a la palabra “aniconismo”. El historiador del arte

²⁵ Para el filósofo C.C. Radovic, el logos, el verbo y la palabra, en estricto rigor, apenas sirven para hablar del universo. Las representaciones visuales poco ayudan; “por más que intentemos ir más allá, la primera dificultad que suscita el origen del Cosmos es la pretensión ingenua de abordar el vacío con nuestro lenguaje, y, de paso, la arrogancia de pretender definir el Absoluto”. Véase: Radovic. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Chile. Edit. Univ. 2009.

²⁶ La *Teoría de las formas* o *Teoría de las ideas* (εἶδος) es uno de los principales aspectos de la filosofía Platónica. Es en realidad, su núcleo. Procede de una división entre un mundo de cosas visibles, materiales (mundo sensible) y otro que no se puede percibir por medio de los sentidos (mundo inteligible) donde habitan las ideas. El autor contempla dichas ideas como la estructura, los modelos a partir de los cuales se basan las cosas físicas, que no son más que copias imperfectas de aquellas. Extraído de: Hemenway, Priya. *El código secreto*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

²⁷ Basado en las ideas de Titus Burkhardt en: *Principios y métodos del arte sagrado*. Edit. J. de Olañeta. P. de Mayorca, 2000.

Titus Burckhardt²⁸ utiliza este último término como poseedor de un carácter espiritualmente positivo, mientras que la iconoclasia sólo tiene un sentido negativo y precisamente, mas que potenciar un ideal nihilista, nuestro punto se inclina a una tendencia unificadora. Por supuesto que nada en la historia es absoluto, y hay que rescatar que no todo el universo de la estética islámica tiene un carácter alegórico. Citaré algunas reflexiones al respecto, de Oleg Grabar, historiador y arqueólogo especializado en el arte y la arquitectura del mundo islámico:

“Nuevas investigaciones y reflexiones llegan a la conclusión de que en el mundo islámico hubo muchas teorías estéticas diferentes, que estuvieron marcadas por el tiempo, el espacio y el entorno intelectual. Así hubo, por ejemplo, teorías estéticas que se enredaban en el mundo del pensamiento, como encontramos en *Misivas de los hermanos más distinguidos*, un grupo fascinante de textos que surgieron en el siglo X en Bagdad, o en el mundo de las ideas de ibn Hazm, (994-1064), un distinguido filósofo y escritor que vivió en la España musulmana del siglo XI y fue enemigo declarado de la interpretación alegórica. (...) Por otro lado, Al-Ghazali, el gran ecléctico del siglo XI, manifiesta reiteradamente su alegría de ver y experimentar la belleza, que él concibe como una reflexión del interior. En torno a estas teorías se formó la diferencia entre sentido (*maana*) y forma (*sura*, que también significa “retrato”)(48).²⁹

“Ibn al-Haitam (965-1039), naturalista de Basora del siglo XI, contribuyó a un planteamiento que resulta más interesante y productivo. Desarrolló una teoría de la belleza basada en los principios de su denominada, casi empíricamente, teoría de la percepción, en la que acentuaba especialmente, junto a los términos mas trascendentales como “proporción” y “armonía”, el de “significado visual”, muy eficaz actualmente (48)”³⁰.

Después de estos apuntes se puede sintetizar que durante la era clásica del Islam se produjeron muchas teorías estéticas. Ergo, un elemento especial que vale la pena resaltar de entre estas teorías, es la geometría misma, que fue significativa para el arte en dos aspectos diferentes: por un lado, a partir del siglo X, se desarrolló una compleja ornamentación

²⁸ Burckhardt, Titus. *Principios y métodos del arte sagrado*. Edit. J. de Olañeta. Palma de Mayorca. 2000.

²⁹ Hattstein, Markus, Delius, Peter. *Islam, Arte y Arquitectura*. Edit. Ullman. Tandem Verlag, 2004. Edic. Español 2012.

³⁰ *Ibidem*

geométrica que fue una de las principales formas de decoración para edificios y objetos de todo tipo³¹. Por otro lado, y al mismo tiempo, las matemáticas teóricas no sólo alcanzaron un alto nivel, sino que “se desarrollaron complicadas teorías para solucionar problemas cotidianos y concretos en la construcción y la medición”(49)³². Si estos dos hechos se aplican y argumentan el uno con el otro, es evidente que el orden geométrico – a veces en forma pura, a veces con la adición de una ornamentación vegetal o caligráfica- fue una de las normas del arte islámico.

A través de esta noción de geometría, podemos inclinarnos a la idea de que el pensamiento místico es especialmente importante para explicar el arte islámico, lo que parece confirmado por Oleg Grabar al anunciar que en la historia islámica los movimientos místicos lograron con frecuencia una gran influencia, y ocuparon un lugar relevante en lo que se refiere a la cultura, el simbolismo y el gusto(46)³³. Podemos incluso relacionar este contexto con lo revisado en el apartado anterior sobre el simbolismo de las formas poliédricas y la conformación de la materia, ya que para algunos científicos, las variaciones de la ornamentación y composiciones islámicas se consideraban reflejo de una manifestación filosófica sobre la esencia de la realidad. Prueba de esto es una de las teorías filosóficas consensuadas por algunos investigadores, a la cual llamaron “atomismo”. Ésta se refiere a que todas las cosas, animadas o inanimadas, han de proceder exactamente de átomos idénticos. La aglomeración de átomos en “cosas” se consideraba “privilegio de Dios” en el Islam, y aquí los artistas y los artesanos podían, siempre que no entrasen en competencia con Dios, organizar estos átomos en las formas que deseasen (46)³⁴.

Este tipo de ideas filosóficas determinarán la cultura de prohibición de la imagen, que en el Islam se limitaba puntualmente a la imagen de la divinidad; en el monoteísmo abrahámico la imagen de la divinidad es la forma que asocia lo relativo a lo absoluto, lo creado a lo no creado, sometiendo lo primero a lo segundo³⁵. Esto es, en otras palabras, la

³¹ *Ibidem*. Pag. 49

³² *Ibidem*

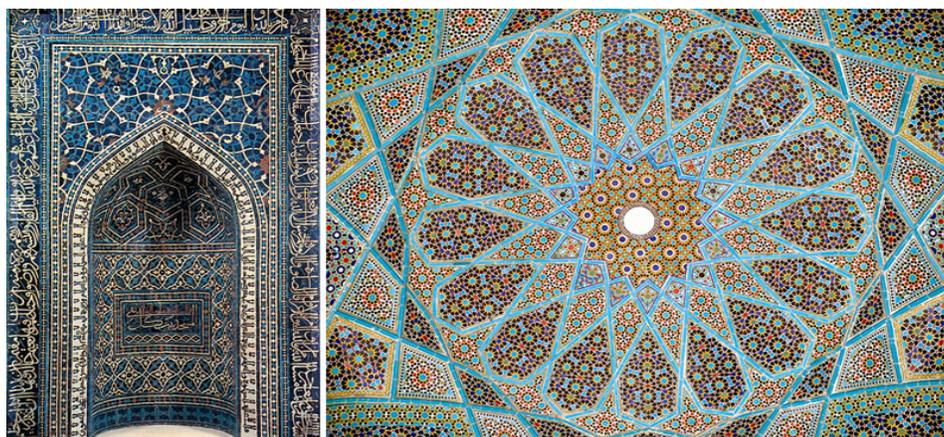
³³ *Ibidem*

³⁴ *Ibidem*

³⁵ Véase: Burckhardt, Titus. *Principios y métodos del arte sagrado*. Edit. J. de Olañeta. Palma de Mayorca. 2000.

negación del ídolo. Tutus Burckhardt se refiere al aniconismo como “extensivo de lo sagrado”, y representar lo sagrado es, como hemos visto, una idea que no sólo se limita a símbolos, sino que a formas contenedoras de esa estructura sagrada. Se busca entonces reflejar el orden divino del universo sintetizándolo por medio de patrones gráficos, enlaces geométricos, tejidos que interpretan una concepción de la divinidad como un todo compuesto de partes. Los atauriques o arabescos clásicos islámicos se aplican específicamente a esto. Logran adentrarse en una suerte de método para expresar algo inexpresable, algo más allá de la retórica del lenguaje escrito o hablado, o la mimesis. La lacería islámica conceptualiza la dinámica del orden natural de las cosas. Es una reflexión alegórica que apunta hacia el interior del que contempla y de lo que es contemplado al mismo tiempo³⁶. No hay duda que apunta a un estado “meditativo” de observación.

Propongo prestar atención a cómo se configuran este tipo de teselaciones. Hay una gran cantidad de variantes pero comúnmente podemos dilucidar una figura geométrica primordial, desde la cual se desprende un patrón expansivo; o desde otro ángulo sucede lo contrario: una retícula de teselas configura, entre sus ligaduras, figuras geométricas reconocibles, construyendo y deconstruyendo un patrón gráfico. En las imágenes siguientes presento algunos ejemplos:



³⁶ En el sentido de contemplación estética, también es posible mencionar que ésta se basaba en la convicción de que cada forma tiene dos significados, uno exterior, generalmente accesible, y uno oculto, que sólo es accesible para unos pocos “iniciados”. (P.46.) Hattstein, Markus, Delius, Peter. *Islam, Arte y Arquitectura*. Edit. Ullman. Tandem Verlag, 2004. Edic. Español 2012.



En estos casos se observan figuras estrelladas con diversa formas, que por cierto eran uno de los recursos decorativos favoritos del Islam (48)³⁷. Una estrella de seis, ocho, doce o más puntas puede continuar ilimitadamente en una complicada ramificación geométrica, adecuándose a superficies de todos los tamaños. En estas estrellas también podemos inferir conexiones estéticas con lo estudiado anteriormente sobre el hexágono, el cual sería una figura que contiene la estructura básica de la estrella, independiente de cuántos vértices posea, pues es siempre regular; es decir, sus lados y ángulos son de igual medida. También el triángulo, ya que las ramificaciones geométricas producen figuras compuestas a partir de triángulos o cuadrados. También, dentro del espacio interno de las figuras, a veces encontramos sub-patronos derivados de la gran red.

Estos puntos se conectan también con lo que he desarrollado gráficamente en Simbiosis Meditativa. Para la proyección lumínica sobre la planta, planteé figuras irregulares derivadas de un hexágono primordial. Se conforman nuevos hexágonos en el centro o incluso en algunos casos, figuras estrelladas, todo como producto de la

³⁷ Hattstein, Markus , Delius, Peter. *Islam, Arte y Arquitectura*. Edit. Ullman. Tandem Verlag, 2004. Edic. Español 2012.

interconexión de vértices por medio de un patrón de líneas diagonales. Esta configuración proviene de un esquema predeterminado en el código de la figura, que se establece a partir de los puntos medios de las rectas que conforman los lados del hexágono primordial (la figura mayor) y los proyecta hacia uno de los vértices más próximos. Este punto lo desglosaré más detalladamente en el capítulo de descripción técnica de la obra, pero en este apartado es importante comprender las relaciones visuales entre los atauriques islámicos observados y la figura que he compuesto.

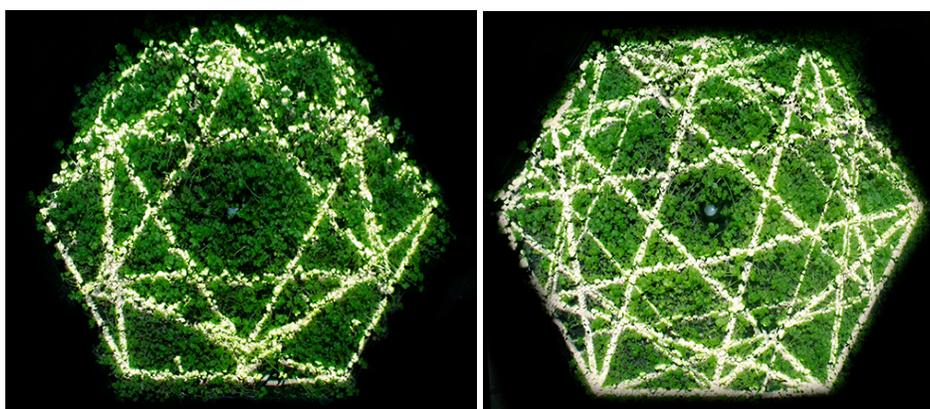


Fig. 12. Ejemplos de patrones gráficos en Simbiosis Meditativa.

Sin embargo, quiero aclarar que si bien existen todas estas similitudes, la motivación inicial no ha sido componer un recurso gráfico similar a un ataurique islámico, o crear una instalación como versión contemporánea del arte islámico tradicional. Es más bien en sentido inverso; una inspiración personal que luego se ajusta o encuentra puntos en común con el arte islámico, esencialmente por una idea de aplicar al proyecto, de algún modo, un carácter contemplativo, que aluda a la introspección en la experiencia estética. Desde aquí extraigo el término de “meditativo” para denominar a la obra. El ritmo del cambio constante del patrón gráfico proyectado sobre la planta también influye en esta alusión a una experiencia estética contemplativa (ver video de registros de la obra)³⁸, el cual ejerce lentas variaciones cada diez segundos. La iluminación propuesta para la instalación también aporta a esta atmósfera, junto con la sonoridad de la misma.

³⁸ Video de registro: <<https://vimeo.com/101668619>>. Más detalles sobre esto en capítulo 5, descripción técnica.

Podemos resumir entonces, después de esta breve revisión general del arte islámico tradicional, que los fundamentos estéticos para el diseño principal del proyecto encuentran contexto en este arte a partir de una motivación por aludir a una experiencia estética contemplativa y a la vez sintetizar ideas en torno al orden esencial de la naturaleza expresada geoméricamente; a pesar de que, en cierto grado, éstos son conceptos inexpresables.

2.3 - La *Nada* antes de la imagen.

Existe un tópico que, a efectos de este estudio teórico, es completamente enriquecedor y a la vez transversal a algunas ideas ya desglosadas y por desglosar en esta tesina. Personalmente, lo describo como “*vacío potencial*”. Esto está íntimamente conectado con la ya comentada intención dentro de este proyecto por expresar un estado contemplativo en la experiencia estética. Un estado contemplativo es bastante irracional, pues no recurre al análisis lógico de los elementos que se presencian para comprenderlos. Más aún, no busca la comprensión sino la conexión sensitiva con el elemento que se contempla.

En un ejercicio de documentación y conceptualización, el estado contemplativo que propone Simbiosis Meditativa puede abarcarse, en algún grado, refiriéndonos a este término de *vacío potencial*. ¿De que trata entonces este termino? para comprenderlo debemos enlazar cultura, ciencia y misticismo. Voy a iniciar profundizando una vez más en una reflexión ontológica sobre la naturaleza. Aquí, una de las preguntas fundamentales es la relativa al origen de todo cuanto existe; refirámonos a universo, materia, divinidad o cualquier fenómeno experimentado por el hombre.

Si nos contextualizamos en la sociedad actual, hemos de considerar la teoría del *Big-Bang*, la cual es el modelo determinante de nuestra cosmovisión sobre el origen y la

dinámica de todo cuanto existe(121)³⁹. Para el filósofo de las ciencias C. C. Radovic, esta teoría también trasciende las fronteras de la ciencia y afecta a la cultura, determinando un gran paradigma: la confrontación entre una suerte de creacionismo dogmático (religión cristiana) y un materialismo científico.⁴⁰ Ambas perspectivas del mundo se presentan esencialmente divergentes y no se involucran entre sí, conformando una de las grandes dicotomías de la era moderna.

Pero éstas no siempre se han encontrado escindidas, existen períodos de la historia en los cuales una visión empírica de la realidad se ha encontrado ligada a la religión como una gran visión integral de los fenómenos de la naturaleza. Mirando a oriente, encontramos un buen ejemplo en el Budismo. Desde él observamos una cosmovisión que ha vivido otros procesos de evolución cultural y se ha destacado, en siglos pasados, por no separar la filosofía de la experiencia y comprender la naturaleza como un fenómeno más allá de una pura objetividad materialista. Radovic fundamenta algunas de estas ideas y comenta:

“El budismo (*Prajñaparamita*) es tanto filosofía como religión, a diferencia de occidente, donde la filosofía terminó separándose drásticamente de la religión, para transformarse en una búsqueda puramente intelectual (...). La religión occidental terminaría derivando únicamente en una religión de credo, de verdad revelada, de dogmatismos ajenos a la razón y en gran medida ciega al avance de la verdad científica, de la cual está muy distanciada (...). En la India, en cambio, cada filosofía era una religión y cada religión tenía una filosofía. Se puede decir que la religión budista es una religión filosófica”(139)⁴¹

Otro ejemplo lo encontramos en el pensamiento filosófico tradicional chino y principalmente japonés. El filósofo japonés Kitaro Nishida se refiere a las diferencias en los valores de los primeros respecto a la cosmovisión occidental, pero también demuestra cómo esto se aplica al lenguaje, las formas y las artes:

³⁹ C.C. Radovic. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Santiago, Chile. Edit. Universitaria. 2009.

⁴⁰ *Ibidem*

⁴¹ *Ibidem*

“El pensamiento filosófico en culturas como las de China y Japón no exige necesariamente argumentos demostrativos ni una precisa expresión verbal. El proceso mental que está en la base de esta actitud no demostrativa no se apoya en el lenguaje sino que antes bien lo niega; la ciencia, la lógica y la matemática no podían haber surgido de este proceso de pensamiento. (...) El modo oriental de pensar es cualitativamente diferente al de occidente, que hace hincapié en la expresión verbal y conceptual. Este apartamiento del lenguaje y del pensamiento racional es algo que típicamente se encuentra en el budismo zen que expresa su postura básica en la declaración “No hay que confiar en las palabras ni en las letras, una transmisión especial independiente de la enseñanza doctrinaria”. Los encontramos en los dibujos hechos con tinta que niegan la forma y el color, en el teatro *Noh* con su negación de la expresión directa y en la poesía japonesa *waka* y *haiku*. El modo oriental de pensamiento ha de buscarse en un no pensar que trasciende el pensar y no es pensamiento”(12)⁴²

A través de estas palabras, no sólo ratificamos ciertas diferencias históricas entre oriente y occidente, sino que también podemos observar cómo la cultura oriental tradicional, en muchas de sus manifestaciones, ha mantenido como uno de sus pilares filosóficos, directa o indirectamente, la idea de “vacío”, o la “*nada*” como una forma última de entender cualquier cosa posible en el universo desde cualquier plano, desde lo material hasta lo vivo, inspirando a variadas manifestaciones artísticas clásicas como la poesía *Haiku*, pintura *Sumi-e* japonesa, o el arte caligráfico tradicional chino (incluso el del medio oriente). Estas manifestaciones artísticas representan una conexión con lo cotidiano y también un alto grado de entendimiento de lo divino, no como un dios personificado sino más bien como un algo indeterminado, un vacío contenedor de una plenitud de posibilidades expresivas e interpretativas. Una plenitud que para el Budismo, Taoísmo o Islam por citar algunos casos, “representa la única verdad real”⁴³. Una verdad intuída, conectada con cierta sensibilidad muy refinada. En la siguiente imagen podemos apreciar una obra que contiene parte de estas ideas, *Los árboles de pino*, de Hasegawa Tōhaku (Fig. 13), y luego veremos cómo podemos establecer acercamientos con el arte occidental contemporáneo.

⁴² Nishida, Kitaro. *Indagación del Bien*. Edit. Gedisa. Barcelona. 1995.

⁴³ Del Arco Carabias, Javier. *La Escuela Filosófica de Kioto como paradigma de una reflexión intercultural*. España: Arbor/ Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2004.



Fig. 13. Hasegawa Tōhaku. Los árboles de pino. Entre 1538 y 1610. Actualmente en el Museo Nacional de Tokyo.

En esta obra se aprecia como el vacío pictórico del lienzo es muy propositivo en cuanto a la existencia de otros elementos potenciales. Este vacío “surge” de la presencia de las dos grandes masas pictóricas presentes (los dos grupos de pinos) y a la vez potencia a los mismos, abriendo la posibilidad de “ver” más allá de ellos en el vacío; quizás un bosque, una montaña, un río, etc. Este vacío es entonces, más que anulador de las formas, creador de ellas en un sentido potencial. Wener Speiser, analista del arte del extremo oriente, se refiere a la pintura a la aguada china y japonesa del siglo XIII y XVI, como “obras que sugieren más de lo que representan, que invitan al espectador a incorporar mentalmente lo que falta en el cuadro y a embeberse en la poesía del paisaje. Un arte que estuvo muy ligado a la doctrina Zen” (73-89)⁴⁴. En paralelo, para Nagarjuna, filósofo budista hindú (siglos. II- III dc.), la realidad tal como la percibe un observador mundano, “es un velo compuesto de múltiples capas, mientras que para el ser humano que alcanza un grado elevado de iluminación de la conciencia (*Brahma*), este velo desaparece para mostrar la única realidad que es el vacío”(83)⁴⁵. Este vacío, como una idea que trasciende la razón, el lenguaje, la acción y la existencia misma, despojada de intenciones o calificaciones negativas o positivas, es un silencio y no-existencia que sólo al *no ser*, es en plenitud.

⁴⁴ Wener Speiser nació en 1908 y fue director del Museo de Arte Oriental y profesor de la Universidad de Colonia hasta su muerte, en 1966. Speiser, Werner y von Erdberg-Costen, Eleanor. *Historia del Arte Universal- Asia Oriental*. Edic. Moreton. Bilbao. 1967.

⁴⁵ C.C. Radovic. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Santiago, Chile. Edit. Universitaria. 2009.

Si bien en el arte occidental no somos portadores de esta percepción tan elocuente del *vacío*, han habido algunos movimientos artísticos con tendencia a recibir inspiración, directa o indirectamente, de esta idea; podemos citar el neoplasticismo de Piet Mondrian, el suprematismo de Kasimir Malevich, o el expresionismo abstracto de Franz Kline; casos en los cuales el espacio vacío adquiere una cualidad no sólo expresiva, sino que también discursiva. E. Gombrich, por ejemplo, se refiere a la tendencia de estos artistas en la era de las vanguardias:

“Poca duda cabe que, al inclinarse por este enfoque, artistas y críticos estaban influidos no sólo por el arte chino, sino también por el misticismo del lejano oriente. A este respecto, también, el nuevo movimiento siguió una ya asentada tradición del arte del siglo XX. Recordemos que Kandinsky, Klee y Mondrian eran místicos que querían atravesar el velo de las apariencias y acceder a una verdad más elevada, y que los surrealistas le hacían la corte a la “divina locura”. Uno de los postulados de la doctrina Zen (aún cuando no el más importante) afirma que nadie que no haya sido sacudido de sus hábitos de pensamiento racional puede llegar a ver la luz” (604)⁴⁶.



Fig.14. *Formas blancas*, Franz Kline. 1955.

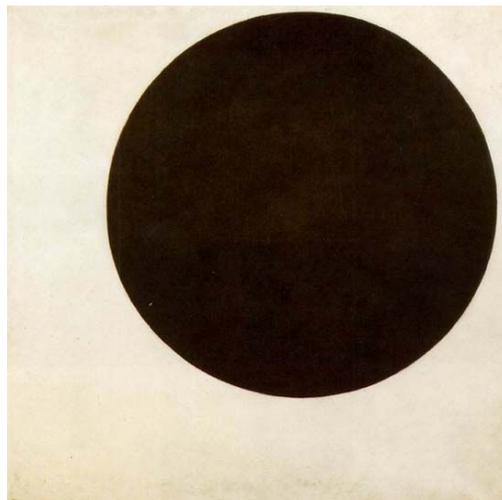


Fig. 15. *Círculo negro*. Kasimir Malevich, 1915.

⁴⁶ E.H. Gombrich. *La Historia del Arte*. Edit. Phaidon. New York. 1997.

Gombrich, en su *Historia del Arte*, se refiere también a la pintura de Kline respecto al espacio vacío:

“Kline solía llamar a sus pinturas *Formas blancas*. Era obvio que quería que prestáramos atención no sólo a las líneas, sino también al lienzo que, de algún modo, queda transformado por aquellas. Pues aunque sus pinceladas son simples, sí producen una impresión de arreglo espacial, como si la mitad inferior se alejara hacia el centro”(605)⁴⁷.

Estas obras presentan entonces una tendencia a dialogar con un concepto de *vacío potencial*, aunque, a pesar de esta conexión metafísica, no dejan de depender de un discurso esencialmente teórico sobre el *vacío* dentro de la plasticidad del espacio pictórico, ya que es una propuesta netamente conceptual. A mi parecer es posible llegar un poco más allá con esta idea desde los nuevos instrumentos de creación plástica, o directamente hablando, desde las *artes electrónicas*. Sin embargo, antes observemos cómo ha avanzado en las últimas décadas esta percepción racionalista de la *nada* en la cultura contemporánea, ya que es un hecho que va a la par y potencia esta noción estética de *vacío* que propongo encontrar en las artes electrónicas.

En la cultura actual, hay una nueva noción sobre el vacío físico en el universo. Son nuevas ideas en construcción surgidas a partir de la comprensión de los “campos cuánticos” por parte de la ciencia de avanzada⁴⁸. El espacio y la materia, a grandes rasgos, actualmente se entienden como estados de energía, desde el cual, aparecen nuevas posibilidades de la misma energía (estamos en un plano subatómico) desde donde se reestructuran y surgen, constantemente, nuevas partículas conformadoras de la materia y la realidad tal como la percibimos. Desde esta perspectiva la cultura occidental y la oriental, a diferencia de lo revisado anteriormente, encuentran un punto en común. En el siglo XX la concepción de vacío ha adquirido, gracias a las investigaciones de la física cuántica, una acepción totalmente diferente. Ésta acepción involucra la idea de *potencialidad*. Un ejemplo concreto se puede apreciar a través de las palabras del físico Kenneth Ford, en cuanto a experimentos de aceleración de partículas:

⁴⁷ E.H. Gombrich. *La Historia del Arte*. Edit. Phaidon, New York. 1997.

⁴⁸ C.C. Radovic. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Stgo., Chile. Edit. Universitaria. 2009. Pág.65

“ En diversos experimentos en aceleradores de partículas se ha probado que las partículas pueden venir a la existencia espontáneamente del vacío y desvanecerse de nuevo en el vacío, sin que esté presente ningún nucleón ni otra partícula de interacción fuerte. Según la teoría del campo, sucesos de este tipo suceden todo el tiempo”(65).⁴⁹

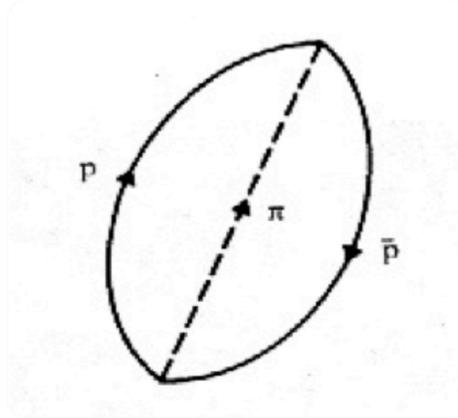


Fig. 16. En el siguiente diagrama se representa dicho proceso; tres partículas: un protón (p), un antiprotón (\bar{p}) y un pión (π) se forman en el vacío y desaparecen de nuevo en el vacío.

El vacío físico entonces, no es un estado de simple nada, sino que “potencialmente contiene todas las formas del mundo de las partículas”, es decir, es un pleno energético.

Desde aquí, se vislumbran nuevas posibilidades para establecer relaciones estéticas entre esta noción de *vacío potencial* y el arte contemporáneo. En este punto llegamos a la idea central; la intersección entre la noción de vacío metafísico proveniente de la filosofía oriental y la nada potencial de la física occidental contemporánea, y la posible congruencia de esto con el arte electrónico. Aquí propongo prestar atención puntualmente al *arte generativo* (o *arte algorítmico*). Esto tiene relación con la propuesta conceptual de Simbiosis Meditativa, pues una de las características principales de la obra es su estructura basada en un código informático, que estaría dentro de la categoría de arte generativo. En una obra de arte generativo el código, que configura la imagen a observar por el espectador, contiene, potencialmente, infinitas posibilidades gráficas para una imagen desarrollada por un artista. No importa cual sea la variante, o el perfil estético de una composición gráfica basada en un algoritmo. Siempre el código que la compone contiene en sí muchas posibilidades para la figura, más que una forma única. Gráficamente, un estado puntual de

⁴⁹ C.C. Radovic. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Santiago, Chile. Edit. Universitaria. 2009.

una figura no es su determinante, no es el límite de ella. Podemos observar un cuadro o *frame* de una secuencia gráfica de una composición algorítmica, pero sabemos que ese no es el inicio ni el final real de la misma; es entonces una categoría estética mucho más dinámica. Su esencia tampoco recae en el video, pues no es tampoco una serie de fotogramas que encuentran su dinámica en el factor tiempo. La imagen generativa, verdaderamente, reside su forma en el código que la compone (como una semilla) pero al mismo tiempo se expande en su figura y cada uno de sus estados gráficos encierra otra posibilidad de manifestación de su código; como si un estado de la imagen fuera la posibilidad de otra nueva imagen derivada, mientras que es la expresión al mismo tiempo, de toda la composición. Éste es un carácter de *potencial* en la estética del arte generativo.

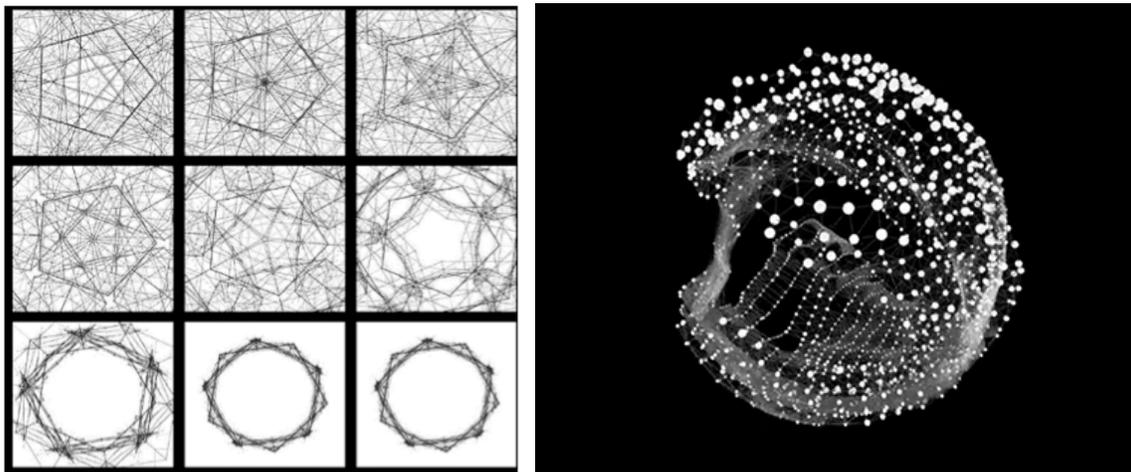


Fig. 17. Ejemplos de obras denominadas “generativas” creadas en software *Processing* a partir de recursos algorítmicos variables. Si bien es posible limitarse a revisar una imagen estática de estas figuras y plantearla como obra plástica, toda la potencialidad de la misma se encuentra en su apreciación a partir del código original. El video nos acerca un poco más pero tampoco es definitivo. En este último formato se puede apreciar más fácilmente su constante autogeneración y transformación.

Artista: Matt Pearson. Izquierda: Variaciones sobre una figura pentagonal (Sutcliffe Pentagon) / derecha: Frosty. Deconstrucción de una esfera.

Más detalles: <<http://zenbullets.com/video.php>>

Texto fuente: Generative Art. Matt Pearson. 2011.

Los límites reales de este tipo de imágenes existen únicamente en factores externos a las mismas, que no pertenecen a su cualidad de figura; entiéndase por ejemplo, la capacidad de memoria física de un computador que alberga a tal imagen. Esta memoria determina hasta donde se puede expandir, algorítmicamente hablando, la figura; o cuán profundo podemos penetrar o navegar en ella. La memoria física de un computador no es parte ni de su círculo compositivo (su dimensión matemática) ni de su rango visual, o dimensión plástica.

Otro ejemplo interesante de observar es que el límite estético de este tipo de imágenes radica también en el tiempo que un espectador decida eventualmente proporcionarle a la obra (que puede transformarse autónomamente sin un punto final). Aquí otro límite real de la imagen subyace en el momento en el cual el espectador simplemente ya no desee más experimentar la imagen. El límite estará en la relación espectador-obra, perdurando mientras exista la observación, de modo que la única manera de que esa imagen se mantenga en desarrollo infinito es que el espectador se mantenga interactuando con ella infinitamente. Como esto último en la práctica es imposible, la obra es sólo infinita en potencia y su existencia en un instante determinado -este punto es clave- es tanto la imagen misma como la semilla original que contiene a todas las imágenes posibles. Esta potencialidad contenida en su semilla algorítmica es concreta, y la conecta con las obras revisadas anteriormente sobre el uso del espacio vacío en la pintura en tanto espacio potencial, como a la vez extralimita aquel espacio, llevándolo de lo conceptual a lo plástico, a través del código que lo compone y su proyección digital.

Con estos puntos revisados es posible proponer una reflexión sobre una *estética de la potencialidad*, apoyada por una suerte de *Nada* o *Vacío* filosófico que refleja una forma de entender el mundo tecnocientífico del presente, y como una posibilidad estética dentro de la cultura contemporánea que nos liga también al arte tradicional oriental (y al mismo tiempo nos permite entenderlo en términos de “sociedad globalizada”). Pero vamos a acercarnos a Simbiosis Meditativa, como he mencionado antes, en cuanto a sus fundamentos conceptuales. La obra se compone en base a un código algorítmico que determina la figura a proyectar sobre una planta dentro de un contenedor. Como he

expuesto anteriormente, esta figura se construye a partir de un hexágono. Desde ésta surgen ramificaciones internas del hexágono y que constantemente están cambiando. No puedo definir esta figura a partir de, solamente, un estado de ella. Debo definirla más integralmente, considerándola desde su configuración como código, como un estado de ramificación puntual del hexágono (en un momento determinado de la proyección) y como la posibilidad latente de una nueva forma; es decir, como un sistema y como una figura potencial. Hay, desde este punto de vista, una fuerte relación con la noción de *vacío potencial*, el cual, además de fundamentar la forma de los patrones gráficos utilizados, sigue reforzando la interrelación de ideas entre la experiencia estética contemplativa anteriormente analizada, y la estructura informática de la obra, esta última casi como una figura plástica en sí misma. Brinda al código que compone la imagen proyectada, la posibilidad de integrarse a la propuesta estética central de la obra. Desde aquí se fundamenta una de las propuestas de mi proyecto de aludir a la idea de lo “meditativo” dentro de ella, en cuanto la relación conceptual entre lo metafísico y lo informático que ésta contiene.

Esta idea de *vacío potencial* posee más de una arista y es para mi proyecto un recurso importante pues da consistencia desde diversos ángulos al proyecto. En este apartado he esgrimido una de sus posibilidades, desde la idea de contemplación estética y conformación tecnológica. Sin embargo, en el transcurso de esta tesina veremos como reaparecerá para fundamentar otros rasgos del proyecto.

3. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

3.1 Fractales

*Las nubes no son esferas, las montañas no son conos,
las costas no son círculos, las cortezas de los árboles
no son lisas, ni los relámpagos viajan en una línea recta.
-Benoit Mandelbrot.*

Para el proyecto Simbiosis Meditativa es muy importante tener en consideración la geometría fractal, ya que desde una perspectiva tecnológica y estética, define gran parte de su esencia.

A modo de reseña, tengamos en cuenta que la geometría fractal es un hecho bastante nuevo para la historia de la matemática, es más bien propio del siglo XX. A pesar de que con anterioridad ya se habían desarrollado investigaciones en torno a esta área, las figuras de características fractales no podían ser comprendidas a cabalidad, siendo bastante marginadas de las ciencias exactas. Sólo en el siglo XX, y junto con la llegada de los computadores, fue posible definirlos de manera precisa, y además proyectarlos no sólo a la matemática teórica sino que también a formas y eventos naturales concretos. Esto último se debe en gran parte a las investigaciones de Benoit Mandelbrot (1924-2010), un matemático polaco-francés que desarrolló su trabajo en importantes universidades y centros de investigación de Francia y los Estados Unidos. En 1982 Mandelbrot publica el libro “La geometría fractal de la naturaleza”⁵⁰, en el cual define sus investigaciones previas en torno al tema y demuestra el potencial de los fractales para explicar, estadísticamente, fenómenos de la realidad tales como estructuras naturales (ej; conformación de plantas u órganos), fenómenos meteorológicos, fluctuaciones económicas, movimiento de partículas, etc.

⁵⁰ Título original: “*The fractal geometry of nature*”, WH Freeman and company, New York. Es una versión revisada y ampliada de su libro de 1977, “*Fractals: Form, Chance and Dimension*”.

Es curioso observar que Benoit Mandelbrot, en sus primeras etapas de investigación, recibió una pequeña inspiración de grabados del artista japonés Katsushika Hokusai, para reflexionar acerca de la conformación fractal de la naturaleza. Esto a mi parecer demuestra el punto de partida para la intrincada relación entre artes visuales y geometría fractal que se ha dado constantemente⁵¹. ¿Por qué esta observación del matemático?. Citaré el caso de la obra *La gran ola de Kanagawa* (1830-33). Aquí la clave radica en la forma de la ola. Mandelbrot reparó en la manera en como Hokusai resolvió la ola a partir de una serie de subfiguras similares que, todas en conjunto, definen los bordes de la espuma de la gran ola y las aledañas. Esto es para Mandelbrot la esencia gráfica de sus postulados porque ilustra cómo las formas en la naturaleza están compuestas por una “rugosidad” dada por un factor recursivo de un patrón determinado. Cómo medir esa rugosidad o aparente irregularidad en las formas de la naturaleza, es la pregunta que el matemático se formula. Vemos que todo esto parte de la apreciación estética de una obra de arte, deriva a la lógica de la geometría y luego se extrapola matemáticamente a la comprensión compleja de la dinámica de fenómenos naturales.



Fig.18. La gran ola de Kanagawa, Katsushika Hokusai.1830-33.

⁵¹ Mandelbrot declaró abiertamente su creencia en la relación entre matemática y arte. Menciona en un artículo: “*Lo curioso es que las aplicaciones no artísticas surgieron después que las artísticas*”. Incluso en la cultura popular, y una vez que Mandelbrot ya definiera sus investigaciones, en las décadas del 60 y 70 los fractales aportarán a una estética relacionada con la psicodelia (o arte lisérgico) y el movimiento *hippie*. Revisar un artículo sobre esto en *El País*: <http://elpais.com/diario/2006/08/26/sociedad/1156543205_850215.html>

Existe mucha literatura disponible hoy en día sobre la geometría fractal, además de material audiovisual con información directa brindada por Benoit Mandelbrot. De todo esto, recomiendo prestar atención particularmente a su libro “La geometría fractal de la Naturaleza” y a una conferencia realizada en 2011, en el canal *TED*⁵². Con todo, me interesa básicamente rescatar los conceptos de *Iteración* y *Autosimilitud*, con los cuales podemos trabajar en este apartado para definir un fractal y luego conectarlo con la estructura informática de Simbiosis Meditativa.

Autosimilitud se refiere a que cada porción de un objeto u organismo en la naturaleza tiene las mismas características del objeto u organismo completo. También se puede decir que cada área de un fractal conserva, de manera estadísticamente similar, sus características globales (131)⁵³. Luego, Iteración es, en simples palabras, “la operación de repetir un proceso y volver sobre el mismo una cierta cantidad de veces” (133)⁵⁴, donde los resultados de una iteración se utilizan como punto de partida para la siguiente iteración. En el caso de los fractales lo que iteramos son fórmulas o ecuaciones mediante algoritmos.

Es importante saber además, que existen dos tipos de fractales, los *lineales* y los *no lineales*. Los primeros abarcan las figuras que fueron desarrolladas por matemáticos anteriores a Mandelbrot, a fines del siglo XIX y principios del XX, y que conforman el punto de partida para el estudio de esta geometría. Algunos de los más importantes son los conjuntos de Cantor, el triángulo de Sierpinsky o la curva de Koch. Sobre este último haré hincapié ya que aquí pueden encontrarse algunas relaciones estéticas con mi proyecto.

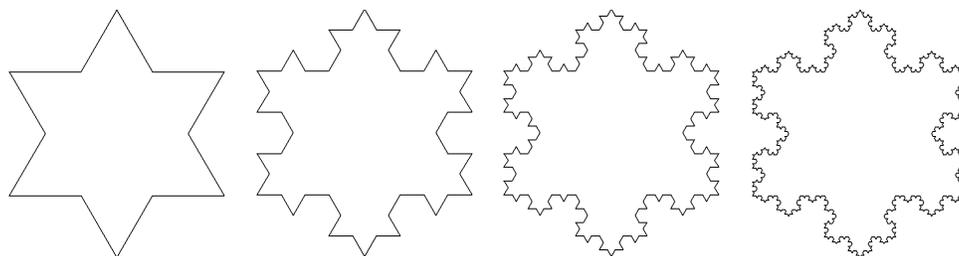


Fig. 19. Curva de Von Koch. Si ésta se confirma como una curva cerrada continua, se produce el llamado “copo de nieve”, o “estrella de Koch”. La progresión de iteración se aprecia de izquierda a derecha.

⁵² Link a esta conferencia: <https://www.ted.com/talks/benoit_mandelbrot_fractals_the_art_of_roughness>

⁵³ Mandelbrot, Benoit. *The fractal geometry of nature*, WH Freeman and company, New York. 1982.

⁵⁴ *Ibidem*

Ya desde una primera mirada podemos percatarnos de una leve similitud entre la ola del grabado de Hokusai con la curva de Koch, en cuanto a la rugosidad de la línea; también, con el copo de nieve mencionado en el capítulo dos sobre el hexágono en formaciones naturales. Lo interesante es que ahora esta forma tiene una explicación matemática. Aquí me interesa rescatar la idea de *dimensión fractal*, que es la forma de calcular este tipo de curvas para entender su longitud real.

Como la figura de Koch es una curva cerrada continua, al iterarla, la figura conforma un perímetro cada vez mayor (teóricamente infinito)⁵⁵. Esto puede verse claramente en la progresión de la imagen superior. La fórmula de dimensión fractal para un fractal lineal como éste, puede explicar certeramente la longitud de la curva y el área de la figura en un estado de iteración determinado; pero no como una longitud, sino como una dimensión matemática, la cual siempre será fraccionaria, no entera:

$$D = \text{Log } S / \text{Log } L$$

Cuando:

D es la dimensión fractal

S es la cantidad de segmentos, o su longitud

L es la escala de medición

Aplicando esta fórmula a la curva de Kock, obtenemos que su dimensión fractal es: $\log 4 / \log 3 \approx 1,26186$. Esto es mayor que la dimension de una línea (1), pero menor que una curva que contiene las dos dimensiones del plano (2)⁵⁶. Esta fórmula no es difícil de entender para nosotros los simples mortales, o individuos no provenientes del campo de la matemática. Es cuestión de investigar con un poco de detalle y haciendo uso de conocimientos elementales de matemática clásica⁵⁷. De todos modos, en los apuntes de

⁵⁵ Sin embargo, esta figura también encierra una paradoja: mientras su perímetro aumenta en cada iteración, o es infinita, el área es finita. Revísese la operación que prueba esto en:

http://temasmaticos.uniandes.edu.co/Integral_de_Honores/copo_de_nieve/copo_de_nieve.htm

⁵⁶ Específicamente *Peano's space-filling curve* o "Curva de Peano", Curva continua que recubre todo el plano.

⁵⁷ En realidad, el problema matemático de avanzada está dado en los fractales *no-lineales*. Conjuntos complejos que no trataré en esta tesina pues no competen al caso que analizo, pero permiten abarcar fenómenos naturales que los fractals *no-lineales* no abarcan.

Mandelbrot también pueden estudiarse en detalle (42-46)⁵⁸. Ahora, en este punto, quiero que prestemos atención a un hecho que el mismo autor anuncia, que es la relación de esta dimensión matemática con la conformación de, por ejemplo, las superficies topológicas en la tierra. En la fórmula se aprecia que L , o la escala de medición, influye en el resultado de la dimensión fractal. Una vez Mandelbrot realizó la pregunta: “¿Cuanto mide realmente la costa de Gran Bretaña?”. De aquí surge un experimento teórico que dice lo siguiente:

“Si la costa la medimos observándola desde un satélite, vamos a ver que sus bordes son suaves, con líneas casi rectas y ángulos redondeados. Luego, desde un avión, nos damos cuenta que los bordes no eran en realidad tan suaves, sino que notamos muchas más rugosidades. Finalmente, desde un tercer punto, parados sobre la misma costa de Gran Bretaña, con una regla escolar, medimos roca por roca, detalle por detalle, rugosidad por rugosidad, el resultado será diferente”⁵⁹.

La longitud sería mayor en el último caso, y además en cada caso el resultado sería diferente. ¿De que dependerían las mediciones entonces?. Justamente de la escala que utilicemos para medirla. El valor de la lógica fractal de Mandelbrot es que apunta al patrón jerárquico de todas las escalas posibles. Entonces, si bien las longitudes no son iguales a diferentes escalas, sí pueden serlo *estadísticamente* y esto puede determinarse matemáticamente desde el cálculo de su *dimensión fractal*. La noción de longitud aquí cambia su definición. ¿Que más podría añadir a esto? Que claramente es un asunto de proporción. Recordemos ahora lo revisado en el apartado 2.1 sobre el concepto de proporción enunciado por Umberto Eco, respecto a la tendencia en muchos casos, en la historia de la cultura humana, por explicar el mundo a partir de la *proportio*, y que puede extenderse al arte. Por otro lado, la idea de *potencialidad*, analizada en el apartado 2.3, cobra una perspectiva matemática desde lo fractal, ya que estamos hablando de un patrón que determina infinitas posibilidades estadísticamente calculables.

⁵⁸ Mandelbrot, Benoit. *The fractal geometry of nature*, WH Freeman and company, New York. 1982.

⁵⁹ “How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension”, es un artículo publicado para la revista *Science* en 1967.

3.1.2 Aplicaciones

A través de estos puntos he repasado lo bien sabido que es la cualidad de la geometría fractal de explicar las formas en la naturaleza y su comportamiento, mucho más certeramente que la geometría clásica o euclidiana. ¿Cómo se manifiesta esto en Simbiosis Meditativa?. Informáticamente en el código de generación de la imagen. Estéticamente en la misma imagen cuando es proyectada sobre la superficie de la planta. En el siguiente apartado explicaré la relación entre los fractales y los patrones de crecimiento biológico, que son un factor que influye en la estética de mi proyecto. Ahora demostraré desde el ángulo informático cómo esta geometría es pilar de la estructura digital de S.M.

El código fuente de los patrones gráficos diseñados se componen en base a funciones fractales. El código que he compuesto es una variación personal sobre uno originalmente realizado por Matt Pearson, llamado *Sutcliffe Pentagon*⁶⁰, el cual a la vez está basado en los estudios del matemático, programador y artista Alan Sutcliffe en cuanto a variaciones recursivas sobre un pentágono. Debo mencionar que es para mí un elemento de valor el hecho de que el patrón gráfico que he compuesto derive de investigaciones de Alan Sutcliffe, ya que él es un autor de relevancia para la historia del arte computarizado. Sutcliffe fué co-fundador de la *Computer Arts Society* (desde 1969), durante su vida realizó aportes en el área de la música electrónica, sonido, poesía generada por computadora, entre otros⁶¹. También fue director de *Mallen's Software Company*, donde se desarrollaron algunas de las secuencias animadas de la película *Alien* de Ridley Scott (1979). Por lo tanto podemos considerar a Sutcliffe como uno de los pioneros e inspiradores de las siguientes generaciones de creadores de arte computarizado.

Uno de estos nuevos creadores es Matt Pearson⁶², un *creative coder* quien ha desarrollado composiciones para la London's National Portrait Gallery, The Art Institute of

⁶⁰ Este código es abierto, de libre manipulación (open source).

⁶¹ *Computer Arts Society* (CAS) es una sociedad y comunidad que promueve el uso creativo de computadoras en el arte y la cultura en general. Está ubicada en el Reino Unido y actualmente es un grupo especializado de la *British Computer Society*.

⁶² Más detalles en: Pearson, Matt. *Generative Art*. Meaning Publications. New York. 2011. Obra online: zenbullets.com

Chicago, la BBC, Paramount Pictures, el gobierno de Gran Bretaña, entre otros. Refiriéndose al código que él nombra como *Sutcliffe Pentagon*, Pearson describe:

“Sutcliffe advirtió de que si dibujamos un pentágono, luego trazamos los puntos medios de cada uno de sus cinco lados y extendemos una línea perpendicular a cada uno de estos puntos, se pueden conectar los extremos finales de estas líneas para crear otro pentágono. Al hacer esto, el área restante de la figura también termina siendo subdividida en más pentágonos, lo que significa que dentro de cada pentágono hay seis subpentágonos. Y dentro de cada uno de éstos, otros seis subpentágonos, repetidos hacia abajo, hacia lo infinitesimal" (171)⁶³.

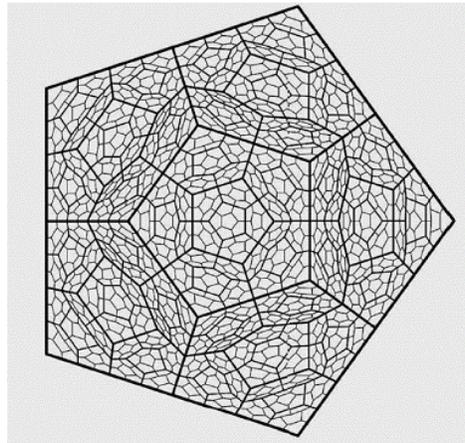


Fig.20. Sutcliffe pentagon, figura original, diseñada por Matt Pearson

Este tipo de comportamiento corresponde a un patrón de autosimilitud. Para construir esta figura, Pearson tuvo que recurrir a funciones fractales en el código, realizando extensiones de la forma original a partir de una raíz algorítmica que recurre a la autosimilitud. Ahora vamos a examinar esta composición. El código completo puede revisarse en el texto de Matt Pearson, “Generative Art”(170-187)⁶⁴ o también en una versión digital en Internet⁶⁵. Allí pueden encontrarse más eventos de este tipo pero, a

⁶³ Pearson, Matt. *Generative Art*. Meaning Publications. New York. 2011.

⁶⁴ *Ibidem*

⁶⁵ Link al sitio: <<http://www.codeproject.com/Articles/214536/Generative-Art-Case-Study-Sutcliffe-Pentagons>>

efectos de este análisis, considero útil destacar el siguiente extracto como ejemplo de la lógica fractal dentro de la función del código. Veamos la siguiente sección:

```
class FractalRoot {
    PointObj[] pointArr = new PointObj[5];
    Branch rootBranch;

    FractalRoot() {
        float centX = width/2;
        float centY = height/2;
        int count = 0;
        for (int i = 0; i<360; i+=72) {
            float x = centX + (400 * cos(radians(i)));
            float y = centY + (400 * sin(radians(i)));
            pointArr[count] = new PointObj(x, y);
            count++;
        }
        rootBranch = new Branch(0, 0, pointArr);
    }
    void drawShape() {
        rootBranch.drawMe();
    }
}
```

En esta sección es posible ver que el objeto *FractalRoot* contiene un arreglo de cinco puntos en el espacio (*PointObj[5]*). Este llena esa matriz mediante la rotación de un ángulo en torno a un punto central en saltos de 72 grados (*int i = 0; i<360; i+72*). A continuación, Pearson utiliza esa matriz de puntos para construir el primer objeto (*Branch*). *Branch* es un objeto fractal “autoreplicante”. Cada rama se “dibuja a sí mismo” mediante la conexión de los puntos que ha puesto en su arreglo, que aparecerá más abajo como *outerPoints* (174)⁶⁶.

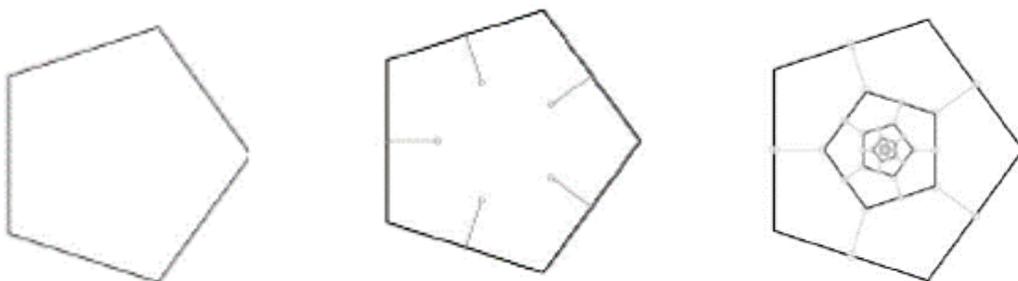


Fig. 21. A partir del código anunciado, se obtiene como resultado esta progresión inicial, la cual genera sub-pentágonos derivados de la matriz. Luego de una serie de ramificaciones, se puede llegar a la figura 20 (Sutcliffe Pentagon).

⁶⁶ Pearson, Matt. *Generative Art*. Meaning Publications. New York. 2011.

En el caso de la imagen generada para Simbiosis Meditativa, existen alteraciones en distintas partes del código original. Algunas específicas para generar un hexágono y un tipo de ramificación, mientras que otras alteraciones son para poder darle a esta función de autogeneración, la capacidad de responder en tiempo real a los datos numéricos provenientes del sensor de CO₂. Ahora vamos a revisar este código, el cual adjunto completo en un documento anexo. Estas son algunas notas al respecto:

- a) Para transformar un pentágono en hexágono, altero las coordenadas en el objeto de raíz fractal. El número de lados ahora será 6 (*PointObj[6]*). Esto debe ir acompañado del grado correspondiente para los ángulos internos de esta nueva figura, en este caso 60°, pues es un hexágono regular (*int i = 0; i<360; i+=60*). La sección queda de esta forma:

```
class FractalRoot {
    PointObj[] pointArr = new PointObj[6];
    Branch rootBranch;

    FractalRoot(float startAngle) {
        float centX = width/2;
        float centY = height/2;
        int count = 0;
        for (int i = 0; i<360; i+=60) {
            float x = centX + (220 * cos(radians(i)));
            float y = centY + (220 * sin(radians(i)));
            pointArr[count] = new PointObj(x, y);
            count++;
        }
        rootBranch = new Branch(0, 0, pointArr);
    }
    (...)
}
```

- b) Sobre las variaciones de la ramificación en tiempo real, uno de los puntos a alterar corresponde a la inclusión de un sistema variable *frameCount* dentro del objeto *FractalRoot*, para poder darle animación a la figura, que viene de un estado estático:

```

void draw(){
  (...)
  _strutNoise+=0.01;
  _strutFactor=(noise(_strutNoise)*3)-1;

  pentagon=new FractalRoot(frameCount);
  pentagon.drawShape();
}

```

c) Las variables numéricas para trabajar los datos ingresados desde el sensor de dióxido de carbono (el dato esencial para la ramificación del hexágono) se declaran junto a *_maxlevels* y *_strutFactor*. Éstos últimos modulan el nivel de ramificación y expansión de la figura:

```

FractalRoot pentagon;
float _strutFactor =0.00001;
(...)
float a;
float b;
int _maxLevels = 2;

```

En este caso los valores *float a* y *b* procesan las variaciones numéricas del sensor; *b* corresponderá directamente a dióxido de carbono (desde Arduino, *inByte*), que luego en *a* será operado para adaptar el resultado a los rangos numéricos que necesito para generar una ramificación que se adecue estéticamente a la fisionomía de la planta⁶⁷ ($a=b/800$ en este caso). Nótese que también es alterado el valor de *_strutFactor* a través de la variable *a*:

```

void draw(){
  (...)
  String inString = myPort.readStringUntil('\n');

  if (inString != null) {
    inString = trim(inString);
    float inByte = float(inString);
    b = inByte;
  }
  a = b /800;
  _strutNoise+= 0.01;
  _strutFactor=(noise(_strutNoise) /a);
  (...)
}

```

⁶⁷ Pueden revisarse más detalles sobre este tema en el apartado de descripción técnica de la obra.

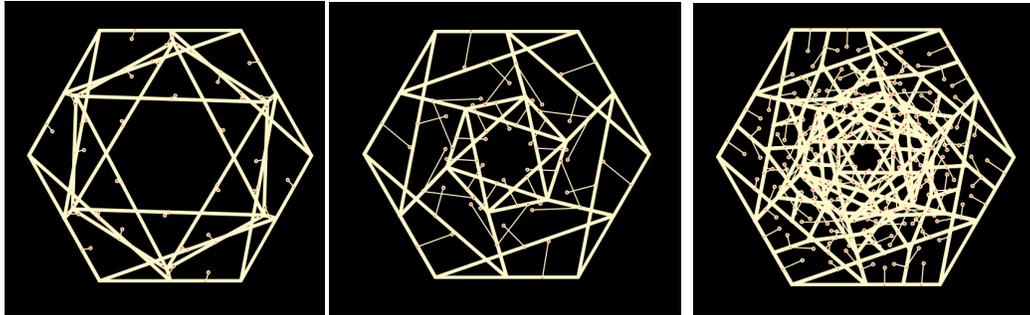


Fig. 22. Algunos ejemplos de la figura resultante: desde izquierda a derecha, la variación de la ramificación se da a partir de los datos ingresados en los valores *float a* y *float b*.

Existen más detalles a revisar en el código para comprender la generación de la figura final, tales como el grosor de los segmentos (*stroke*) o la direccionalidad de los mismos desde los puntos medios de las líneas que definen el hexágono (*mid.Points* en ciclos *for*). Éstos se notifican en el código anexo, pero con los puntos ya expuestos se explica la relación de la figura con las operaciones de tipo fractal, que es el punto que nos interesa en este apartado.

Como conclusión, puedo destacar la cualidad de fractal lineal que posee la figura diseñada para Simbiois Meditativa; a la vez que una dimensión informática que aporta a la coherencia estética del proyecto, que se centra e inspira en el orden implícito en la naturaleza expresado a través de la geometría.

3.2 Sistema bio-lógico

La naturaleza dinámica del arte tiene paralelismos eminentes con la naturaleza procesal de la vida, por lo que las teorías de las ciencias pueden ofrecer un marco idóneo para la investigación artística.
- Claudia Giannetti.

La motivación original para crear un proyecto como Simbiosis Meditativa surge de un deseo por unificar arte (medial) y vida orgánica. Este es el principio con el que busco desarrollar un discurso estético y expresar una visión personal sobre cómo se podría hablar de manera profunda sobre la naturaleza siendo coherente con instrumentos creativos contemporáneos. En otras palabras, Simbiosis Meditativa busca establecer una suerte de diálogo entre arte y naturaleza desde las artes visuales electrónicas, o artes mediales. Así, podemos establecer que SM utiliza material biológico como objeto “medial” de arte, y ciertos procesos científicos como técnicas expresivas de una obra interdisciplinaria.

En este aspecto, una de las ideas principales que deseo exponer es la de *sistema*. Este proyecto define una estética que gravita en torno a un proceso sistemático, que apela a la interdependencia entre elementos de distinta naturaleza (orgánico y artificial), pero que se ven unificados en un sentido estético. Este sentido estético es un resultado y a la vez el proceso mismo de desarrollo de un sistema, de una mecánica de funcionamiento. He querido proponer, en el título de este apartado, un juego de palabras que alude a esto: “*Sistema bio-lógico*”. Lo *bio* por el sistema vivo como una de las partes que componen la obra; y como contraparte, el sistema electrónico o *lógico*, que determina el otro aspecto de la misma: un sistema algorítmico, que funciona bajo una lógica determinada. Desde este ángulo, sugiero definir a SM como un *sistema generador de una imagen bio-electrónica*.

Antes de adentrarme netamente en lo relativo a la especie vegetal, creo válido considerar en profundidad, dentro de esta noción de *imagen bio-electrónica*, los fundamentos por los cuales Simbiosis Meditativa debe considerarse como un sistema.

La idea de sistema para definir la estética del arte electrónico o *media art* es una reflexión que proviene de relaciones teóricas entre arte y ciencia, cuando el artista y teórico Peter Weibel propone considerar la teoría de la endofísica acuñada por el científico alemán Otto E. Rössler (Hyperchaos; Rössler–Attraktor; 1976) para hablar de endoestética. Esta se refiere a una “física de lo interno”, que toma como punto de partida “los principios del observador-objetivo, endo-realidad, exo-realidad y la distinción entre sistemas y modelos”⁶⁸. Surge a partir de la mecánica cuántica y demuestra que los resultados objetivos de la observación de un fenómeno de la realidad dependen necesariamente de la posición del observador; de modo que la objetividad se hace relativa y, para llegar verdaderamente a ella, es necesario construir un modelo de estudio, un sistema analógico al fenómeno, no en el interior de la misma realidad. En la teoría endofísica, el mundo puede ser concebido como una mera interfaz y a raíz de esto surge, por primera vez en la física, el problema del observador, de modo que la endofísica investiga el aspecto de un sistema cuando el observador se vuelve parte de él (23)⁶⁹.

Luego, a partir de estos preceptos, Weibel propondrá la idea de endoestética para referirse a obras que conforman su propuesta plástica a partir de la participación activa del espectador, cuando este altera la realidad de la obra con su presencia o interacción, cuando el artista es co-autor con el sistema ejecutor de la obra través de una interfaz (Weibel lo define como *meta-autor*), o la misma interfaz es objeto de estudio estético.

“La endoaproximación a la electrónica implica que la posibilidad de experimentar la relatividad del observador depende de una interfaz, y que el mundo se puede describir como una interfaz desde la perspectiva de un observador interno explícito. Después de todo, ¿acaso no es el arte electrónico el mundo del observador interno por excelencia, en virtud de su naturaleza participativa, interactiva, virtual y centrada en el observador?”(24)⁷⁰.

⁶⁸ Comentario referido de: Gianetti, Claudia. *Endo-Aesthetics. From ontological discourse to systemic argumentation*. Basado en principios anunciados por Peter Weibel en: «*Virtuelle Realität: Der Endo-Zugang zur Elektronik*,» en *Cyberspace—Zum medialen Gesamtkunstwerk*, Florian Rötzer/Peter Weibel, Munich, 1993, pp. 15–46; «*The World from Within—Endo & Nano. Over and Beyond the Limits of Reality*» en *The world from within, Endo & Nano*, Ars Electronica 92, Karl Gerbel/Peter Weibel. Linz, 1992

⁶⁹ Weibel, Peter. *El mundo como interfaz*. Artículo tomado de la revista *El Paseante* 27-28, y publicado en revista *Elementos*, nº 40 vol.7. 2000-2001. México.

⁷⁰ *Ibid.*

En este sentido, la obra *Simbiosis Meditativa* cabe en una definición endoestética, ya que se configura a partir de una interfaz diseñada por el autor (el código generador de la imagen más el circuito eléctrico de control de sensores), y que una vez entrada en funcionamiento adquiere cierta autonomía. En esta interfaz, además, se produce una relación de interconexión e interdependencia entre el sistema electrónico y un otro sistema, el biológico, que se lleva a cabo dentro de la planta (su proceso fotosintético) y que influye en el primer sistema; además de que el electrónico también está influenciando al biológico (por el efecto fotolumínico de la imagen proyectada). Se establece así un flujo cíclico entre éstos dos elementos como conformación endoestética, además de un proceso *meta-autoral*. La naturaleza del arte electrónico para Weibel está determinada también por este “estado de autonomía y de covariación; desde la monoperspectiva a la perspectiva múltiple; de sistemas que no son cerrados ni completos, sino abiertos, no definidos e incompletos”(24)⁷¹.

En *Simbiosis Meditativa* existe una relación casi simbiótica entre los dos sistemas mencionados, lo cual hace emerger un tercer sistema producto de su interacción. A esto quisiera llamarle “sistema de interdependencia” (SI). Este sistema estaría en la esencia de *Simbiosis Meditativa*. Es preciso analizar las características de este sistema. Los dos sistemas anteriores son interfaces pre-establecidas; la primera por la red de circuitos, computador y su manifestación en un código digital, y la segunda por la naturaleza y su manifestación en la fotosíntesis de una planta⁷². La clave de la propuesta estética de SM es este nuevo sistema emergente, el SI.

Este sistema es cerrado y a la vez abierto, pues si bien se compone de un ciclo interno de flujo de datos, este ciclo también recibe una influencia desde el ambiente externo del contenedor de la obra, en cuanto a cualquier variación mínima de dióxido de carbono (CO₂) en el ambiente. Incluso debemos considerar que el espectador puede ejercer cierta influencia, aunque mínima, con su presencia a través de su respiración; en la cual absorbe oxígeno y libera CO₂ en una sala. Las salidas y entradas de aire a través de dos extractores

⁷¹ Weibel, Peter. *El mundo como interfaz*. Artículo tomado de la revista *El Paseante* 27-28, y publicado en revista *Elementos*, nº 40 vol.7. 2000-2001. México.

⁷² Cabe indicar que el proceso fotosintético de una planta posee dos fases: La fase luminosa y la fase oscura. La primera es la única considerada en esta obra. Más detalles en capítulo 5, descripción técnica.

conectan al contenedor con el ambiente externo, pues es necesario establecer un flujo de aire para la especie vegetal⁷³. El agua que alimenta a la planta es otro factor externo. Desde el plano digital, siempre la obra será susceptible de ser alterada por el autor, en cuanto a las coordenadas del código generador de la figura, en su cualidad de *meta-autor*. Estas características me permiten pensar que es un sistema, de algún modo, semi-permeable. Y a raíz de esta palabra, me aventuro a ejercer una reflexión acerca de este ciclo autogenerado, interdependiente, semipermeable, como una analogía de una *unidad autopoietica*.

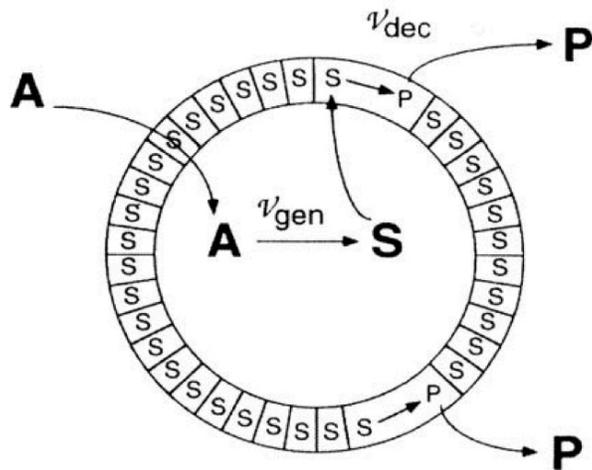
Autopoiesis es un concepto desarrollado por los biólogos Fernando Varela y Humberto Maturana, que amplía la concepción de “lo vivo” a unidades que no sean estrictamente de tipo celular; permitiendo reflexionar, incluso en algunos casos, sobre la vida artificial. Según las investigaciones de Varela y Maturana, el patrón mínimo de una unidad viva no depende de la estructura o elementos que la componen, sino que de un proceso circular autogenerado, capaz de recrear condiciones determinadas para establecer físicamente un límite entre un interior y un exterior. Varela le llama a esto un “*si mismo*”, para lo interior y un “*no-si mismo*” para lo exterior (29)⁷⁴. Esta es una pauta de organización básica que podría presentarse en diferentes tipos de unidades y no exclusivamente en una célula biológica básica tal como la conocemos, de modo que la concepción de lo vivo es más amplia desde la perspectiva autopoietica. Voy a valerme de la siguiente definición y un esquema presentado por Varela en uno de sus ensayos, “*¿Qué es la vida?*”, para definir esto de manera más precisa:

“Esta organización mínima es lo que con Maturana denominamos una unidad autopoietica, la que se define más precisamente del siguiente modo: *un sistema autopoietico está organizado (esto es, se define como una unidad) como una red de procesos de producción (síntesis y destrucción) de componentes, en forma tal que estos componentes (i) se regeneran continuamente e integran la red de transformaciones que los produjo y (ii) constituyen al sistema como una unidad distinguible en su dominio de existencia*” (30)⁷⁵.

⁷³ Revisar detalles en capítulo 5, descripción técnica.

⁷⁴ Varela, Francisco. *El fenómeno de la vida. Cap.1: ¿Qué es la vida?* Edit.J.C.Sáez , Santiago, Chile, 2000.

⁷⁵ *Ibidem*



$$v_{\text{gen}} = \frac{d[S]}{dt} \quad ; \quad v_{\text{dec}} = \frac{d[S]}{dt}$$

if $v_{\text{gen}} = v_{\text{dec}}$ **homeostasis**

if $v_{\text{gen}} > v_{\text{dec}}$ **autorreproducción**

Fig. 23. Esquema de la unidad autopoietica más sencilla posible. Existe aquí una estructura físicamente especificada, es decir, una membrana semipermeable o barrera. En el esquema, S sería un tejido determinado, que se descompone y se transforma en P gracias a la actividad interna del sistema, en el cual el nutriente A se transforma en S. Esto es un ciclo permanente mientras la unidad esté viva.

En este caso, se muestra que un sistema puede entrar en una definición autopoietica y por lo tanto ser un ejemplo de vida mínima, siempre y cuando cumpla con criterios básicos de funcionamiento, y estos serían precisamente tres (33)⁷⁶:

- 1) *Borde semipermeable*: Que la barrera que la compone sea un componente semi-permeable, esto es, permita un flujo de elementos entre el interior y el exterior de la unidad.
- 2) *Red de reacciones*: Los componentes de la barrera son producto de una red de reacciones que opera al interior de la barrera.
- 3) *Interdependencia*: La red de reacciones es generada por condiciones producidas por la existencia de la misma barrera, es decir, que 1 y 2 son interdependientes.

⁷⁶ Varela, Francisco. *El fenómeno de la vida. Cap.1: ¿Qué es la vida?* Edit.J.C.Sáez , Santiago, Chile, 2000.

La clave de todo esto es que ninguno de estos tres puntos apela a los componentes que estructuran la unidad autopoietica, de modo que puede extrapolarse, siempre y cuando funcione bajo este patrón, a otras unidades, tales como un sistema artificial. Varela hace énfasis en este punto:

“Por supuesto, en una célula biológica estas reacciones no son procesos espontáneos, que ocurren al azar – en realidad, son controlados por ácidos nucleicos y las correspondientes enzimas nucleicas ácidas-. Sin embargo, este importante punto no modifica la esencia del patrón general que acabamos de describir, en el sentido que la descripción autopoietica de la vida mínima no depende de la estructura. Es de índole general, también podría aplicarse a una “vida no codificada”; por ejemplo, a un sistema de vida artificial o a un sistema químico sintético desprovisto de ácidos nucleicos” (30)⁷⁷.

A partir de esto podemos ejercer ciertas analogías con el sistema interdependiente de Simbiosis Meditativa. Una teoría autopoietica es en esencia una pregunta ontológica por el origen y la composición de *lo vivo*. Simbiosis Meditativa, como ya he mencionado antes, es una búsqueda estética por encontrarse con *lo vivo* desde lo tecnológico. Para hacer este encuentro es fundamental preguntarse por *lo vivo*, mientras que la teoría autopoietica brinda alcances y una perspectiva que apunta a lo esencial de aquello. Entonces, si nos apegamos a la teoría autopoietica, Simbiosis Meditativa podría relacionarse conceptualmente con la definición mínima de *lo vivo*.

Así, podemos preguntarnos hasta qué punto el sistema interdependiente de SM se acerca a una unidad autopoietica. Veamos algunos puntos:

Primero, el SI posee un “borde semipermeable” en la medida que sus límites físicos, es decir el contenedor, los sensores y la superficie de la planta, permiten el ingreso de algún elemento externo a la interfaz, el CO₂ y el agua; lo que afecta al flujo interno de datos para la generación de la figura. Además, la figura proyectada influye en la reacción fotosintética de la planta, y por ende en la generación de oxígeno y fijación en menor o mayor grado de CO₂ hacia el ambiente externo. Segundo, el SI se compone de una red de reacciones

⁷⁷ Varela, Francisco. *El fenómeno de la vida*. Ensayo: *¿Qué es la vida?* Edit. J.C. Sáez, Santiago, Chile, 2000.

internas (la interfaz digital más el proceso fotosintético) que establece - y esto es clave - una influencia recíproca con su estructura externa, dentro de un plano estético; es decir, con la imagen resultante, la que el espectador aprecia como obra. Esto es muy importante pues aclara que Simbiosis Meditativa no es, ni pretende, ser un sistema autopoietico en estricto rigor pues, desde el plano físico, su estructura externa no es producto de la red de reacciones internas. El contenedor, el computador, o el proyector no reaccionan a la interfaz ni se autogeneran a partir de ella, sin embargo desde el plano visual, la figura resultante entre la proyección y la planta, que es el límite estético de la interfaz, si cumple el rol de la barrera que, como explica Varela, es producto de reacciones que operan al interior de la barrera. Desde aquí el tercer punto de la teoría autopoietica es también válido porque, se subentiende, existe interdependencia entre la interfaz que compone la figura, y la misma figura. A continuación presento dos esquemas que aclaran estas ideas. El primero explica las fases del sistema entre el contenedor y el computador⁷⁸, y el segundo mi interpretación de cómo Simbiosis Meditativa puede relacionarse conceptualmente con un sistema autopoietico, a partir del esquema de Varela y Maturana.

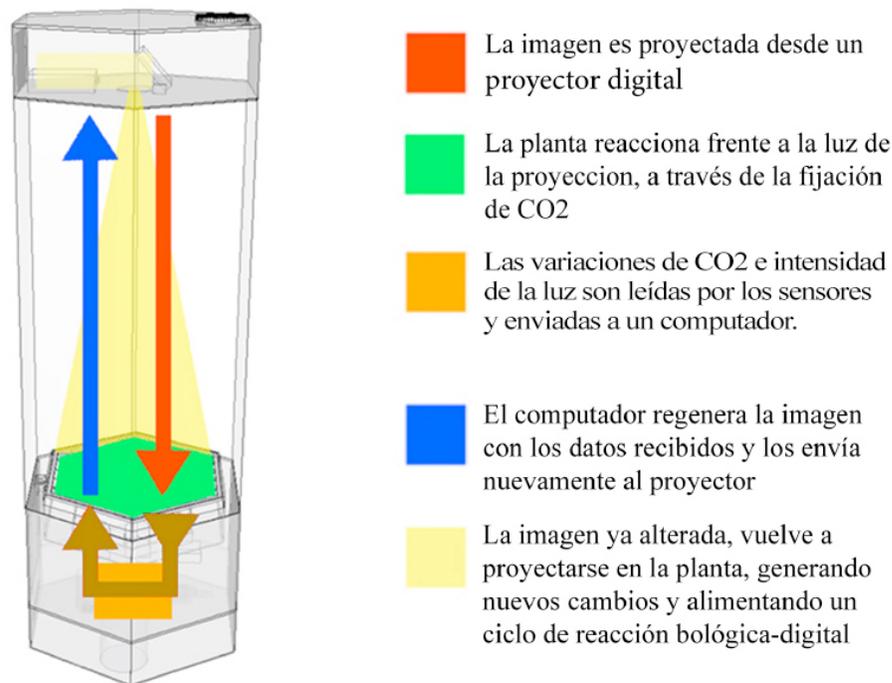


Fig. 24. Esquema nº1. Fases de funcionamiento del Sistema Interdependiente

⁷⁸ Más detalles sobre este esquema pueden verse en el capítulo 5, *descripción técnica*.

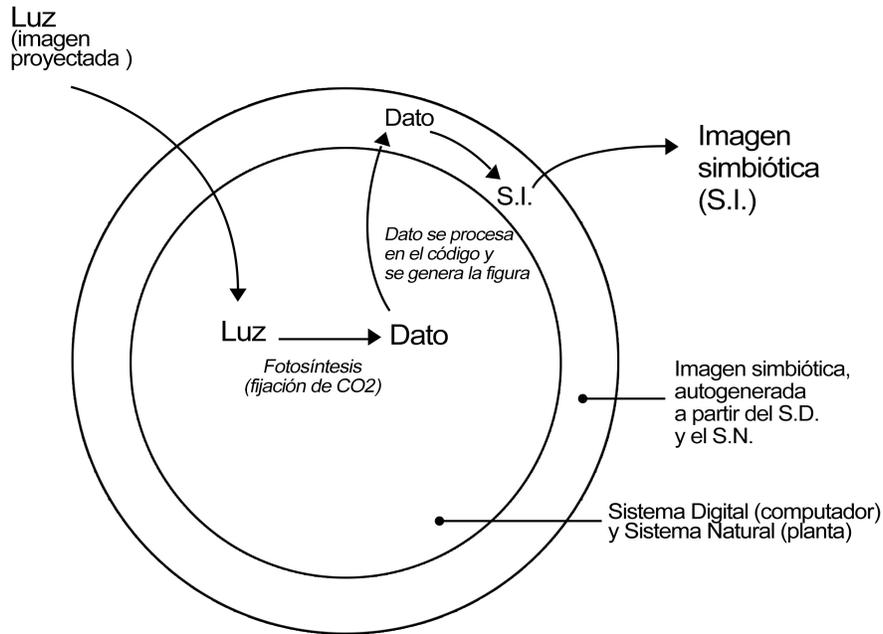


Fig. 25. Esquema nº2. Simbiosis Meditativa como analogía estética de una unidad autopoiética

En síntesis, si observamos la imagen simbiótica, es decir la proyección interactuando con la superficie de la planta, ésta es el sistema interdependiente producto de los sistemas digital y natural, y que además, por lo expuesto anteriormente, puede funcionar como *analogía estética de un sistema autopoiético*. Y esta consideración de la imagen como sistema proviene de su composición en base a un flujo dinámico de datos y reacciones dados en ella, que dan pauta a una propuesta visual; y esta última se argumenta como tal a través de la teoría endoestética. A través de todo esto, busco simplemente evidenciar mi planteamiento de Simbiosis Meditativa como una obra artística que dialoga lo más posible con *lo vivo* a través de lo artificial. SM no es una unidad viva o autopoiética desde el sentido físico ni tampoco es puramente un sistema de vida artificial, pero puede ser un sistema estético que conceptualiza la estructura de una unidad viva mínima.

3.2.2 Intersecciones

Estamos hablando entonces de una estética de lo biológico dentro del campo del *media art*. Luis Bec, importante biólogo, artista, e investigador de las relaciones entre arte, ciencia y tecnología, también se refiere a este tipo de sistemas como parte de una estética de la autonomía (*Autonomie et Esthétique du Renfloué*)⁷⁹. Una estética que puede “establecer relaciones de transferencia de conocimientos biológicos en el área de la tecnología, y vice versa”⁸⁰. Este concepto puede aplicarse tanto a obras que conforman vida artificial como a aquellas que ligan sistemas biológicos con artificiales. Esta idea también potencia la intersección entre la teoría autopoietica y SM. Bec propone, dentro de esta estética de la autonomía, el término de *Renfloué* (reflotar), que explicaría un estado de “resurgimiento de elementos, imágenes, o entidades que componen un sistema estético y que, como los sistemas vivos, re-emergen constantemente y producen nuevas trayectorias, nuevas transformaciones desde sí mismo”⁸¹. Un organismo vivo está siempre autogenerándose y puede generar otros suborganismos, describiendo trayectorias evolutivas. Consecuentemente, la figura producto del sistema interdependiente de SM está en constante transformación (en cuanto a la figura digital y a la planta), desde lo cual inferimos que su carácter plástico está dado en su proceso de desarrollo, aún más que en un estado estático de imagen⁸². Bec también se refiere a esto utilizando el término *morfogénesis*:

“Esta estética se caracteriza por estados sucesivos que se hacen visibles en forma de transformaciones morfogenéticas; una estética de la visualización en el que algo oculto sale a la luz, trajo a la existencia; una estética que debe ser vista como un proceso”⁸³.

⁷⁹ Bec, Louis. *Prolegomenes. Esthétique et épistémologie fabulatoire de la vie artificielle*. Artículo publicado en: *Ars Electronica 93: Genetic Art - Artificial Life*. Edit. Karl Gerbel; Peter Weibel; Publ. PVS-Verleger. Linz. 1993.

⁸⁰ Comentario extraído de: Gianetti, Claudia. *Endo-Aesthetics. From ontological discourse to systemic argumentation*. Media Art Net, 2004. Ver: <http://www.medienkunstnetz.de/themes/aesthetics_of_the_digital/endo-aesthetics/>

⁸¹ Bec, Louis. *Prolegomenes. Esthétique et épistémologie fabulatoire de la vie artificielle*.

⁸² En este aspecto, también es válido considerar la idea de potencialidad expuesta en el capítulo 1, donde el valor estético de una obra generativa está en la creación de un proceso de muchas imágenes que surgen de un patrón semilla.

⁸³ Claudia Gianetti se refiere a esto en: *Endo-Aesthetics. From ontological discourse to systemic argumentation*. Media Art Net, 2004; a partir del artículo de Luis Bec: *Prolegomenes. Esthétique et épistémologie fabulatoire de la vie artificielle*. En este último, destaco el enunciado de Luis Bec:

“C'est une idée qui a pour symptôme des états successifs concrétisés par des comportements intentionnels, des traces, des trajectoires, des transformations morphogénétiques” (Pág. 5, Stratagème 4).

Bec habla de morfogénesis en relación a conformaciones estéticas relativas a una resurgencia de tareas algorítmicas jerarquizadas en una obra digital⁸⁴. Esto es un concepto básico que puede ser aplicado tanto a un sistema tecnológico, biológico, o incluso antropológico. Tiene relación con una unidad autopoietica y se puede entender también como *Circularidad*. En una teoría general de sistemas se define de la siguiente manera:

“Circularidad es un concepto cibernético que nos refiere a los procesos de autoacusación. Cuando A causa B y B causa C, pero C causa A, luego A en lo esencial es autocausado (retroalimentación, morfostasis, morfogénesis)”.⁸⁵

Morfogénesis, como vemos, define un proceso de autocausación. No es difícil relacionar las variables A, B y C con el sistema interdependiente de SM en cuanto a imagen lumínica (podría ser A), fotosíntesis (B) y código generador de la imagen (C); son todos influenciados mutuamente. Pero morfogénesis es un concepto traído de la biología que denomina el cómo un organismo autodetermina su crecimiento o especialización celular, en la medida de su desarrollo. Describe la evolución de la forma de una estructura. Aquí cabe introducir un concepto biológico e informático: los *Sistemas-L*, o *Sistema de Lindenmayer* en honor al biólogo que los descubrió. Se refiere a un conjunto de reglas y símbolos principalmente utilizados para modelar el proceso de crecimiento de las plantas⁽²⁾⁸⁶. Los Sistemas-L también pueden utilizarse para generar sistemas de función iterada, o fractales, que como hemos visto anteriormente, es precisamente el tipo de función que compone el código de Simbiosis Meditativa. Ya sabemos que en mi proyecto las funciones del código se basan en una recursividad fractal lineal, que también es el caso del sistema de Lindenmayer. Un ejemplo de esto último es que es posible construir el *copo de nieve de Koch* a partir de un conjunto de reglas de un Sistema-L⁽⁶⁾⁸⁷. Este fractal ya lo revisamos en el apartado 3.1.

⁸⁴ Bec, Louis. *Prolegomenes. Ésthétique et épistémologie fabulatoire de la vie artificielle*. Artículo publicado en: *Ars Electronica 93: Genetic Art - Artificial Life*. Edit. Karl Gerbel; Peter Weibel; Publ. PVS-Verleger. Linz. 1993.

⁸⁵ Arnold, M y Osorio, F. 1998. *Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas*. Publicación del departamento de Antropología, Universidad de Chile. *Cinta de Moebio* 3: 40-49. <www.moebio.uchile.cl/03/jrprinci.htm>

⁸⁶ Campos Muñoz, Daniel. *Introducción a los sistemas de Lindenmayer: fractales, autómatas celulares y aplicaciones*. Univ. Nacional Autónoma de México. 2011. Versión Pdf:

<http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/cellularautomata/Summer_Research_files/Arti_Ver_Inv_2011_DCM.pdf>

⁸⁷ *Ibidem*

Otro punto destacado en esta intersección entre patrones de crecimiento natural y patrones fractales, es que la proyección lumínica de la figura hexagonal ejerce influencia en el factor de crecimiento de la planta, ya que ayudará a determinar su tendencia hacia la búsqueda de la luz por parte del tallo y las hojas. Ya hemos visto también que la fractalización del hexágono proyectado sigue un patrón regular, pero variable en el tiempo, y por lo tanto sus cambios ejercen influencia a mediano y largo plazo en el crecimiento y ramificación del tallo de la planta, ya que la intensidad de la luz es fundamental para el desarrollo foliar de una especie vegetal⁸⁸. La fisionomía de la planta es sensible al sistema interdependiente de SM.

Vemos que en este proyecto existen alusiones a la estructura de la naturaleza desde diversos planos. Otro, mucho más simple pero no menos válido, es algo a lo que yo llamo “cita visual” a la forma de una célula vegetal. Esto nos conecta con el capítulo 1.1 y el hexágono presente en formaciones naturales ya que, curiosamente, el hexágono es una figura que en algunos casos también es recurrente para la organización de las células vegetales. Un corte histológico⁸⁹ a un grupo de células vegetales lo ilustra en la imagen inferior. Me aventuro a denominar las formas hexagonales de Simbiosis Meditativa como una referencia gráfica a lo micro desde lo macro.

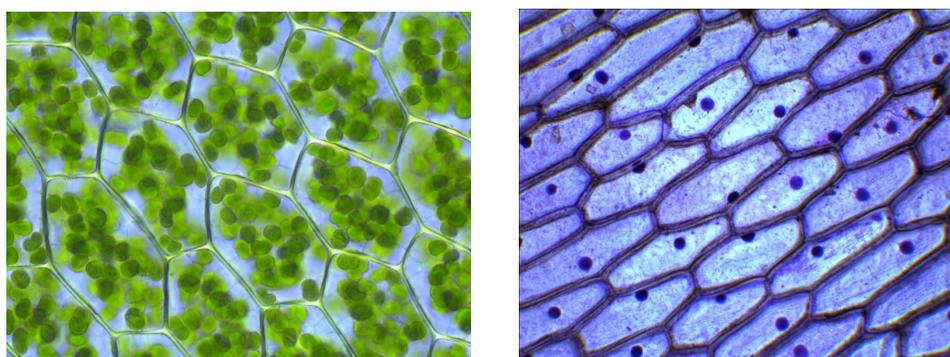


Fig. 26. Ejemplos de cortes histológicos a tejidos epidérmicos vegetales, es decir, correspondiente a las hojas.

⁸⁸ Según los datos entregados en un análisis previo, el sensor de radiación fotosintética (PAR meter) indica que la planta recibe un grado de luminosidad equivalente a luz solar bajo sombra. Ver más detalles en capítulo 5.

⁸⁹ Corte histológico se refiere a una sección o rodaja fina de un tejido biológico adherida sobre un portaobjetos y generalmente coloreada con alguna tinción específica para resaltar parte de la estructura. Esto es observado bajo un microscopio.

Todo lo expuesto en este apartado son ideas, relaciones estéticas y análisis de patrones de funcionamiento de un sistema que tiene como eje apuntar a una simbiosis entre una estética de lo biológico y lo digital interconectados, donde lo biológico es finalmente el plano desde el cual, como artista, busco extraer un lenguaje estético. Como idea final, quiero agregar que más allá de los fundamentos técnicos expuestos, la conformación de una obra que abarca conceptos biológicos es, bajo mi perspectiva, una posibilidad contemporánea de crear arte bajo las mismas motivaciones que percibo en las obras de algunos artistas clásicos que ejercieron una profunda observación y contemplación de la naturaleza como fuente de inspiración. Pienso en Alberto Durero y sus dibujos naturalistas, muy metódicos y detallados sobre la fisonomía de especies vegetales y animales. Estas obras representan parte del espíritu de una época humanista en la que el hombre se fascina con la conformación de la naturaleza y lo plasma en una representación pictórica lo más objetiva posible. Cuando pienso en mi interés por comprender objetivamente algunos procesos naturales y traspasarlos a una obra como SM, recuerdo (salvaguardando las diferencias) el trabajo de Durero o algunos estudios analíticos de Leonardo da Vinci. Por otro lado, la naturaleza es más que una correlación de sistemas y órdenes complejos interconectados; es al mismo tiempo, un algo poseedor de un espíritu vivo que lleva al artista a un éxtasis contemplativo. Así también, pienso en la obra de Gaspar Friedrich, la cual exalta el espíritu místico, lo sublime y lo psicológico surgido de la contemplación profunda de la naturaleza. Esto último estaría más cercano a lo “meditativo” ya revisado en



Fig. 27. Alberto Durero. Gleba. 1503. Dibujo y acuarela.



Fig. 28. Caspar Friedrich. Dos hombres contemplando la luna. 1825-30. Óleo sobre tela.

apartados anteriores. Ambos polos conformarían mi ideal creativo y mi tendencia a indagar en la naturaleza desde el arte. Sin embargo, la diferencia está en el método. Las obras nombradas se manifiestan como pinturas o dibujos mientras que Simbiosis Meditativa como un sistema estético; algo más propio del *media art*, del arte electrónico, una de las técnicas de nuestro tiempo. Por eso ahora podemos hablar de “lo biológico” y no sólo de “lo natural”. Lo cual muestra un estadio en el cual el hombre ya posee un conocimiento contundente de la naturaleza y puede ejercer incluso cierta manipulación. En esta estética de lo biológico se apoya también mi proyecto.

La técnica es parte del discurso plástico. Circuitos eléctricos, sensores de dióxido de carbono y radiación fotosintética o la informática, son recursos con los cuales puedo acercarme a una especie vegetal e indagar en ella técnicamente, para acercarme a esa conexión estética con lo natural, ahora desde el plano de lo biotecnológico dentro de las artes mediales.

Notas: Para el apartado n° 1, los conceptos matemáticos citados han sido revisados por Juan Francisco Campos Serrano, Ingeniero civil matemático de la U. de Chile, Doctor en matemáticas aplicadas, Univ. París Dauphine. Contacto: juanfcampos@gmail.com
Para el apartado n° 2 y también el capítulo 5, se ha recibido orientación por parte de Andrea Soledad Stuardo Jorquera, Licenciada en Biología de la U. de Concepción, diplomada en biología molecular y biotecnología de la U. de Chile. Contacto: astuardo79@gmail.com

4. CONTEXTO DE OBRA

4.1 Arte, ciencia y tecnología.

Las artes mediales comprenden variadas ramas creativas y en éstas el cruce entre arte y ciencia es una posibilidad. Si bien no puedo hablar de un género propiamente tal como “arte y ciencia”, sí puedo utilizar este término para referirme a obras que indagan formal o informalmente en modelos propios de la ciencia o la ingeniería para conformar una estética determinada. Desde aquí pienso que es válido, para establecer un marco contextual para Simbiosis Meditativa, hacer una revisión general a obras que pueden enmarcarse bajo la idea de arte algorítmico, bioarte, arte y vida artificial, o simplemente arte multimedial o interdisciplinario.

Aún así es pertinente aclarar que, mirando el tema en perspectiva, arte y ciencia es una posibilidad no solamente adjudicable al arte contemporáneo. Arte y ciencia ya puede ser la fotografía, con los primeros experimentos fotoquímicos del Daguerrotipo en el siglo XIX o el cinematógrafo que surge de la investigación sobre fenómenos ópticos para configurar una imagen en movimiento en el observador⁹⁰. Más aún, las secuencias fotográficas de Edward Muybridge (*Caballo al galope*, 1872) sobre el registro fidedigno de las patas de un caballo al correr, pueden considerarse como una búsqueda no sólo artística sino también científica por explicar el fenómeno⁹¹. En este capítulo revisaré algunas obras que funcionan en tanto obra de arte y como experimento científico, pero más allá de referirme a un catálogo de los pasajes de la historia en los cuales arte, ciencia y tecnología

⁹⁰ Lev Manovich se refiere al fenaquistoscopio, el zootropo o el zoopraxiscopio, como instrumentos basados en “colocar una serie de imágenes ligeramente distintas alrededor del perímetro de un círculo” (21), y menciona un caso notable, el de Thomas Edison: “en 1887 comenzó unos experimentos para adaptar la tecnología del disco fonográfico al registro y visualización de imágenes en movimiento”(21). *El lenguaje de los medios de comunicación*. B. Aires, Paidós, 2006

⁹¹ Ernst Gombrich se sirve de una comparación entre la pintura de Géricault “*Carreras de caballos en Epsom*”(1821) y la serie de Muybridge “*Caballo al galope*” para demostrar cómo en tiempos anteriores a esta última obra, las personas asumían posiciones erróneas en los caballos al desplazarse. Sólo con la llegada de la cámara y las técnicas experimentales de Muybridge ésta interrogante quedó resuelta. La serie brindó una observación concreta y empírica sobre un fenómeno, así como lo hace un experimento científico clásico. Gombrich, E. *La Historia del Arte*. Phaidon, NY, 1997, Pág.28

se intersectan, mi intención es avocarme a esto como fenómeno inserto en las artes electrónicas y como un eje de contexto para mi tesis. Así, y partiendo de la certeza de que no podré abarcar todos los autores u obras existentes, apuntaré a las áreas más conectadas con mi proyecto: arte y vida, arte algorítmico, arte-sistema y arte conceptual.

4.1.2 Arte y vida orgánica

Algunas de las primeras tendencias inclinadas a lo que después se denominará arte y vida o bioarte, fueron dadas con artistas como Eduardo Kac, Stelarc, George Gessert o Louis Bec, quienes ya entre los 80 y 90 integraron materiales y conceptos biológicos en sus obras. Mientras Kac intervino genéticamente la pigmentación del pelaje de una liebre volviéndola fluorescente (*GFP Bunny*)⁹², Stelarc se implanta una tercera oreja en uno de sus brazos como acción performática (*Ear on arm*)⁹³. Louis Bec, biólogo y artista, desde 1970 experimenta y teoriza sobre tecnología, evolución y formas de vida simuladas por computadora. Funda en 1972 el *Institut Scientifique de Recherche Paranaturaliste*⁹⁴, donde desarrolla seres zoomórficos, quiméricos, que le permiten indagar en formas de comunicación entre especies naturales y artificiales. En sus investigaciones Bec “estudia la incapacidad de los seres vivos para entender su propia existencia”⁹⁵. Luego está George Gessert, que se relaciona un poco más con Simbiosis Meditativa, pues con este artista se abre una puerta a la posibilidad de trabajar con especies vegetales como plataforma de intervención y manipulación biotecnológica(96)⁹⁶. Gessert altera la línea genética de plantas de lirio, hibridizándolas. El resultado es un objeto de arte, quizás escultórico, latente en la especie vegetal. En este sentido podríamos citar las palabras de Stephen Wilson cuando dice: “la escultura del futuro podría ser la bioingeniería”(88)⁹⁷.

⁹² GFP Bunny: <<http://www.ekac.org/gfpbunny.html#gfpbunnyanchor>>

⁹³ Ear on arm: <<http://stelarc.org/?catID=20242>>

⁹⁴ Algunos referentes sobre su obra teórica y práctica en: <mutamorphosis.wordpress.com/2009/02/24/we-are-extremophiles/> <www.medienkunstnetz.de/artist/bec/biography/> Además, sugiero revisar los archivos de Ars Electrónica, edic.de 1993, sobre “Arte Genético” <archive.aec.at/showmode/print/?id=13#13>, donde se encuentra un artículo de Bec, “Prolegomenes”: <docs.google.com/gview?url=http://archive.aec.at/media/archive/1993/182872/File_02733_AEC_FE_1993.pdf&chrome=true>

⁹⁵ Fuente: <<http://v2.nl/archive/people/louis-bec>>

⁹⁶ Wilson, Stephen. *Information Arts; intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, England. 2002

⁹⁷ *Ibidem*



Fig.29. The Hybridization of Irises, George Gessert



Fig.30. Silent Barrage. G.Ben-Ary, P.Gamblen y S.Potter.

Tras Gessert se han aparecido otros artistas. Algunos destacados son Christa Sommerer y Laurent Mignoneau, Ken rinaldo, Paul Vanouse, Alisson Kudla, e incluso laboratorios de investigación interdisciplinaria que reúnen a artistas y científicos tales como el *Symbiotica lab*, de la Universidad de Western Australia⁹⁸.

Pero indagando aún más, quisiera indicar algunos proyectos que se han adentrado con bastante profundidad en la biotecnología. La primera es *Silent Barrage* (2008-11). Ésta es una obra muy interesante, desarrollada por un grupo de artistas y científicos del Georgia Institut of Technology (fig. 30). Consiste en una investigación sobre el pensamiento, el libre albedrío y la disfunción neuronal, a través de un “cerebro biológico” conectado a un “cuerpo robótico” a través de Internet⁹⁹. Sus autores explican:

“En *Silent Barrage*, el cerebro consiste en una red formada por neuronas de embriones de rata cultivadas en placa de Petri en un laboratorio. Esta red neural está conectada a electrodos de conexión neural que recogen y envían información de y hacia las neuronas. Los treinta y seis postes robóticos que componen el cuerpo viven en el espacio de exposición que se les asigne a modo de hogar temporal. Los postes disponen de sensores que detectan la presencia de las personas que entren en la sala. El sistema recoge información del entorno y la transmite por Internet. Los electrodos leen estos datos y, en consecuencia, se estimulan, ejercitan o relajan determinadas partes del cerebro, dependiendo del área de la red neuronal a la que fuera dirigida la orden. Posteriormente, el comportamiento de los robots servirá para descifrar el mensaje enviado por las neuronas (a través de anillos mecánicos colocados alrededor de cada poste, que se mueven a varias

⁹⁸ Symbiotica: <<http://www.symbiotica.uwa.edu.au/>>

⁹⁹ Más detalles en: <<http://silentbarrage.com/project.html>>

Autores: Guy Ben-Ary, Philip Gamblen, Peter Gee, Nathan Scott, Brett Murray, Dr. Steve Potter y otros.

alturas y hacen marcas en el papel que los envuelve), cerrando un ciclo de actividad dispersa”.¹⁰⁰

Esta obra aprovecha los movimientos de los espectadores en la sala, como estímulo neuronal amplificado sobre ciertas células nerviosas cultivadas, sensibles a estos impulsos eléctricos. Los autores explican que, en este sentido, los científicos esperan que esto pueda ayudar a entender mejor cómo tratar y calmar la actividad neuronal del material de la placa de cultivo, y estos resultados a su vez podrían ayudar en el tratamiento de la epilepsia en humanos. Tras todo esto, *Silent Barrage* se define como una obra “no sólo artísticamente significativa sino que científicamente válida”¹⁰¹. Es entonces un ejemplo elocuente de cómo los límites entre arte y ciencia pueden ser diluidos gracias a la tecnología actual.

En segundo lugar, la obra *Génesis*(1999) de Eduardo Kac demuestra otra incursión profunda entre arte, tecnología y biología. En este caso es material genético la clave de la obra. Kac creó un gen sintético (él le llama un “gen artístico”) no existente en la naturaleza, y lo aplicó a una bacteria¹⁰². El gen fue creado traduciendo una frase del libro del Génesis en código Morse, y convirtiendo el código Morse en una base de ADN siguiendo un principio de conversión especialmente desarrollado para la obra. La frase codificada fue:

“Que el hombre tenga dominio sobre los peces del mar, sobre los pájaros del aire y sobre todo ser viviente en esta tierra.”¹⁰³



Fig. 31. Génesis, Eduardo Kac

¹⁰⁰ Descripción expuesta en el certamen *Vida de Fundación Telefónica*. Edición nº 12; 2009.

¹⁰¹ Fuente: <<http://silentbarrage.com/project.html>>

¹⁰² Extraído de su sitio web: <<http://www.ekac.org/genspan.html>>

¹⁰³ *Ibidem*

Una frase sugerente, que evoca a “lo ético, las creencias sociales y los efectos de la manipulación de la naturaleza por parte del hombre”¹⁰⁴. Más aún, las tecnologías de la información son también parte de la problemática de la obra, pues ésta, conectada a Internet, propone la interacción con el espectador. En la obra se produjo un proceso de aceleración de la división de la bacteria a través de luz ultravioleta, en el cual los espectadores pudieron influir manipulándola desde Internet. Una cámara capturaba el proceso, lo amplificaba y lo proyectaba en la sala. Sobre todo esto, Kac anuncia una idea clave:

“En el siglo XIX, la comparación hecha por Champollion basada en los tres lenguajes de la Piedra Rosetta (Griego, escritura demótica y jeroglíficos) fue la clave para entender el pasado. Hoy el triple sistema de Génesis (lenguaje natural, código ADN y lógica binaria) es la clave para entender el futuro. "Génesis" explora la idea de que los procesos biológicos son hoy escribibles y programables, así como son capaces de almacenar y procesar datos de un modo semejante a las computadoras digitales”.¹⁰⁵

Aquí vemos como Kac, a través de su obra y enunciado, reflexiona sobre las implicancias de la biotecnología en la sociedad, y su relación con la tecnología artificial en el contexto de la ética.

Así como *Génesis* o *Silent Barrage*, puedo hablar de variados otros proyectos como *Akousmaflore* (2007), instalación interactiva compuesta de plantas que reaccionan acústicamente al contacto con seres humanos¹⁰⁶; o *Tucca invest trading plant* (1999), de Ola Pherson, que trabaja amplificando los impulsos eléctricos naturales de una planta de yuca¹⁰⁷. Pero lo primordial en todos estos casos es observar cómo el material biológico puede ser un recurso que potencie el arte electrónico, y a la vez en la conjunción de ambos, el cómo un método científico puede también apelar a un significado filosófico, sociológico o estético.

¹⁰⁴ *Ibidem*

¹⁰⁵ Extraído de su sitio web: <<http://www.ekac.org/genspan.html>>

¹⁰⁶ Más info en: <http://www.scenocosme.com/akousmaflore_en.htm>

¹⁰⁷ Más info en: <http://www.olapehrson.com/work_yucca.html>

4.1.3 Arte y sistema

La segunda línea creativa que quisiera revisar en este capítulo es la de proyectos que se conforman básicamente como sistema; ya que, como sabemos, éste es otro pilar que constituye a Simbiosis Meditativa.

Primeramente, considero puntos de referencia generales el centro de desarrollo *Ars Electrónica*, o el certamen *Vida* de Fundación Telefónica¹⁰⁸; desde donde se han gestado importantes núcleos de desarrollo a través de convocatorias, publicaciones y exhibiciones de artistas e investigadores. Estas fuentes pueden ser consultadas como un catálogo de artistas emergentes y consagrados del *media art*¹⁰⁹. Por otro lado, Stephen Wilson en su texto "*MIT Press, Intersections of Art, Science and Technology*"¹¹⁰, destaca la compañía berlinesa *ART+COM*¹¹¹. Ésta ha creado obras que abarcan desde sistemas electrónicos cinéticos hasta instalaciones lumínicas en salas o espacios públicos. En esta misma línea de trabajo colectivo, también destaco al estudio londinense *United Visual Artist*¹¹². La obra de estas dos agrupaciones se aplican creativamente a interfaces interactivas, escultóricas e incluso arquitectónicas. Al parecer, gran parte del presente del *media art* está en los estudios multidisciplinarios, heterogéneos, que involucran artistas con diseñadores de interfaces, ingenieros, arquitectos, teóricos u otros especialistas. Wilson ejemplifica esta idea al mencionar el *Hewlett Packard's Basic Research Institute* en Bristol, el cual ha desarrollado un proyecto de arte y matemáticas que anima a artistas, matemáticos y científicos a trabajar juntos. Ellos hablan de su visión(333)¹¹³:

“Al reunir a los artistas y los matemáticos, esperamos recrear la simbiosis que existía en las primeras civilizaciones y la época del Renacimiento. La relación que esperamos crear puede ser descrita como "inductancia mutua", la propiedad que surge cuando dos cables

¹⁰⁸ Vida, Fundación Telefónica: <http://vida.fundaciontelefonica.com/> - Ars Electrónica: <http://www.aec.at/>

¹⁰⁹ *Ibidem*

¹¹⁰ Wilson, Stephen. *Information Arts; intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, London, 2002

¹¹¹ Art+Com: <http://artcom.de/>

¹¹² UVA: <https://uva.co.uk/>

¹¹³ Wilson, Stephen. *Information Arts; intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, London, 2002

están en las proximidades de uno al otro, y la corriente en cada uno de ellos se acopla a la otra”¹¹⁴

Otro caso que quisiera citar es el del artista alemán Ralf Baeker, que también trabaja a través de un estudio creativo. Muchas de sus obras son sistemas electrónicos que subvierten la estructura física o material de los mismos. Un ejemplo es *Irrational Computing* (2011-12)¹¹⁵. El artista la define como “una reflexión sobre los materiales básicos que componen las tecnologías de la información, tales como el silicio o el cuarzo; cristales semiconductores. Utilizando sus particularidades mecánicas y eléctricas naturales, se conforman procesadores de señales irracionales a través de módulos de circuitos eléctricos, creando una instalación sonora y visual en base a flujos eléctricos irregulares”¹¹⁶. En otras palabras, usa cuarzo (un material que es producto de necesidad básica para las tecnologías de la información) para crear un computador de mineral en bruto. Rescato particularmente este trabajo porque en él los módulos electrónicos son el lenguaje estético intrínseco; los cables, placas de cobre, las piedras de silicio, las emisiones lumínicas y la sonoridad del flujo eléctrico, están en un estado más cercano a lo puro. Además, al indagar en la materialidad primitiva de un circuito, ejerce un diálogo con la esencia natural, o electroquímica, de un sistema electrónico. Aquí creo válido considerar las apreciaciones de Lev Manovich sobre las “capas diferenciadas” en los nuevos medios. Manovich habla de la “capa cultural” y la “capa informática”:

“Como los nuevos medios se crean, distribuyen, guardan y archivan con ordenadores, cabe esperar que sea la lógica del ordenador la que influya de manera significativa en la lógica cultural de los medios. Es decir, cabe esperar que la capa informática afecte a la capa cultural. (...) y las convenciones de su interfaz – en resumen, lo que puede llamarse la ontología, epistemología y pragmática del ordenador – influyen en la capa cultural de los nuevos medios, en su organización, en sus géneros emergentes y sus contenidos”(18)¹¹⁷

¹¹⁴ *Ibidem*(334). Sobre este comentario, Wilson cita: <<http://hplbwww.hpl.hp.com/brims/art/index.html>>

¹¹⁵ Más info en: <http://www.rlfbckr.org/work/irrational_computing>

¹¹⁶ Fuente: <http://www.rlfbckr.org/work/irrational_computing>

¹¹⁷ Manovich, Lev. *El lenguaje de los medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Paidós, Buenos Aires, 2006



Fig. 32. Irrational Computing, Ralf Baeker



Fig.33. Theo Jansen y un *Strandbeest* en las playas de Ypengurg.

Pero una estética basada en un sistema no está siempre supeditada a una estructura electrónica, pues la obra del holandés Theo Jansen, es también un caso a tener en cuenta en este campo. Este artista logra construir sistemas casi completamente autónomos sin recurrir a ningún circuito o motor. Jansen propone un encuentro profundo con la naturaleza a través de estructuras mecánicas basadas en tubos plásticos, a las cuales el llama *Strandbeest* (bestias de playa)¹¹⁸. Son esculturas cinéticas activadas por la acción del viento de la playa, que es el lugar donde las criaturas “viven”. Las *Strandbeest* se desplazan a través de un mecanismo creado por Jansen que utiliza la fuerza del viento para funcionar. Su trabajo es claramente una fusión entre arte e ingeniería. Jansen habla de su obra como un proceso de “búsqueda de una nueva naturaleza”¹¹⁹, desde la cual él espera que en un futuro sus criaturas “sean completamente autónomas y divaguen por la playa”¹²⁰, ecosistema al cual no sólo se adaptan, sino que evolucionan. Para esto último, Jansen ha estudiado los patrones de movimiento de las criaturas, rediseña sus mecanismos y realiza simulaciones computacionales en base a patrones algorítmicos para perfeccionarlas y hacer “evolucionar” sus criaturas a un estado de adaptación perfecta a los cambios meteorológicos y físicos de la playa, adjudicándoles cierta inteligencia propia¹²¹. Más allá de la materialidad clásica del *media art*, el valor de Jansen es disgregar los límites del arte, la *low* o *high-tech* y la

¹¹⁸ Fuente: <http://www.strandbeest.com/beests_storage.php/>

¹¹⁹ En diversos medios Jansen ha expuesto estas ideas. Algunas Fuentes oficiales son:

.Exposición en canal TED: <http://www.ted.com/talks/theo_jansen_creates_new_creatures?language=es>

.*The Great Pretender* documental: <<https://www.youtube.com/watch?v=5N0IonPOy-I>>

.Reportaje en revista New Yorker: <<http://www.newyorker.com/magazine/2011/09/05/the-march-of-the-strandbeests>>

.En N.Y. Times: <www.nytimes.com/2014/11/30/magazine/theo-jansens-lumbering-life-forms-arrive-in-america.html?_r=1>

.En El Mundo: <<http://www.elmundo.es/madrid/2015/10/23/5629f0ab46163f7a468b459d.html>>

¹²⁰ *Ibidem*

¹²¹ Fuente: <<http://espacio.fundaciontelefonica.com/theo-jansen/>>

ingeniería. En palabras del artista: “Los muros entre arte e ingeniería existen sólo en nuestras mentes”¹²².

En este punto cabe reflexionar por la cualidad del pensamiento artístico a partir de este tipo de obras de arte, pues si bien se conectan con procesos científicos, en última instancia ejercen métodos o propuestas de investigación ilógicas para la ciencia tradicional. Proponen caminos alternativos o subversivos a los clásicos de la ciencia o la ingeniería. Finalmente aquí hay un valor conceptual que es preciso rescatar para comprender la estética de estas obras.

4.1.4 Arte algorítmico

Desde el plano informático, retomaré el “Arte Generativo o Algorítmico”, esta vez bajo una visión de contexto, más allá del análisis conceptual realizado en el primer capítulo de esta tesina.

Las aplicaciones del arte algorítmico son amplias, desde animación computarizada para cine, publicidad, interfaces para sistemas computacionales, web art, montajes artísticos multimediales, o videoinstalaciones¹²³. En muchos casos los artistas paralelamente son programadores y no trabajan solos sino que para compañías de diseño informático o similares. Además, los fines del arte algorítmico no apuntan siempre a exposiciones de arte. De todas maneras a este último campo es al que prestaré atención, además de revisar algunas conexiones encontradas entre el arte generativo con el arte islámico y la geometría fractal.

Pero antes de cualquier análisis también cabe preguntarse: ¿Cómo surge el término Arte Generativo?. Los investigadores Margaret Boden y Ernest Edmonds, en su publicación “*What is Generative Art?*” (2009), dan luces al respecto:

¹²² *Ibidem*

¹²³ Stephen Wilson expone algunos casos en: *Information Arts; intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, London, 2002. Páginas: 338, 339.
Otros ejemplos pueden revisarse en: <<https://processing.org/exhibition/>> - <<http://zenbullets.com/video.php>>

“Los términos "arte generativo" y "arte de computadora" han sido ambos utilizados, más o menos indistintamente, desde los primeros días. A la primera exposición de arte computacional que se le llamó “Generative Computergraphik”, se celebró en Stuttgart en febrero de 1965 y se mostró la obra de Georg Ness. Cuatro años más tarde se produjo la primera tesis doctoral sobre el arte de computadora, dándole el mismo título que la exposición. Esta tesis fue pronto ampliamente consultada por la pequeña pero creciente comunidad, aprovechando las palabras *generativo* y *computadora* juntos en las mentes de sus lectores(3).”¹²⁴

Inferimos entonces que ya en la década del 60 se teorizaba sobre un arte que basara su materialidad en recursos algorítmicos digitales. Pero la idea de *lo generativo* desde sus principios fue algo ecléctica, ya que incluso artistas como Ellsworth Kelly, Hans Haacke o Sol LeWitt, no directamente ligados a este movimiento, a veces jugaron con lo algorítmico, con un arte basado en instrucciones a través de la pintura o la escultura. Por ejemplo, E. Kelly creó una serie de pinturas mediante el uso de operaciones de azar para asignar colores en una cuadrícula (*The Meschers*, 1951)¹²⁵; o Sol LeWitt realizó pinturas seriadas (*Wall Drawings*, desde 1968)¹²⁶ que funcionan cada una como interpretaciones diferentes de un texto predeterminado.

Pero en un plano específico hacia lo informático, me interesa referirme a algunos artistas del colectivo autodenominado “Algoristas”, grupo creado en 1995 que incluye a Charles Csuri, Helaman Ferguson, Manfred Mohr, Ken Musgrave y principalmente Jean-Pierre Hebert y Roman Verostko(314)¹²⁷. En la obra de este último también se aprecian ciertas composiciones que aluden a manuscritos medievales y atauriques, lo cual nos liga con el capítulo 1.2 sobre arte islámico (un ejemplo claro es la obra *Diamond Like Apocalypse*). Por cierto, es interesante saber que a principios de los 90 Verostko creó un sistema mecánico que hacía que un pincel, a partir de instrucciones algorítmicas codificadas, plasmara automáticamente patrones pictóricos en un papel en una máquina de

¹²⁴ Boden, Margaret y Edmonds, Ernest. *What is generative art?* Artículo en Digital Creativity, Marzo de 2009. Ver: <http://www.researchgate.net/publication/233128802_What_is_generative_art>

¹²⁵ E.Kelly: <<http://www.moma.org/collection/works/37215>>

¹²⁶ Sol Lewitt: <<http://www.metmuseum.org/exhibitions/listings/2014/sol-lewitt>>

¹²⁷ Wilson, S. *Information Arts, intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, London, England. 2002

plotter¹²⁸. No es una máquina comparable a lo desarrollado en la actualidad, pero es un hecho a considerar dentro de la historia evolutiva del arte algorítmico.

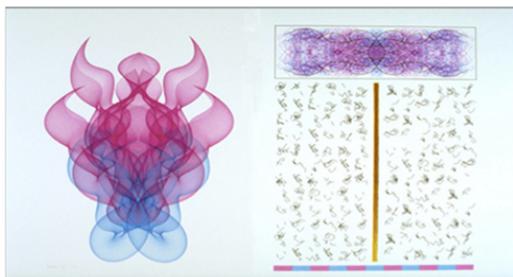


Fig. 34. Diamond Like Apocalypse, Roman Verostko (1992)



Fig. 35. "Arabesque" de John Whitney (1975)

También es importante el trabajo de Larry Cuba, quien tiene su etapa de mayor actividad entre fines de los 70 y la década del 80. Cuba entre otros trabajos desarrolló algunas animaciones computarizadas para *Star Wars episodio IV*, en 1977¹²⁹; un trabajo vanguardista para su tiempo, pero también programó los patrones gráficos para un film llamado *Arabesque* (1975), dirigido por John Whitney¹³⁰. Gene Youngblood, en su texto "*Expanded Cinema*", considera a Whitney como uno de los pioneros de la animación computarizada(207)¹³¹. *Arabesque* es otro ejemplo de una estética derivada de patrones geométricos islámicos llevados al arte electrónico (Fig. 35).

Karl Sims, artista visual y animador computacional, relaciona su obra en algunos casos con conjuntos fractales¹³². Sustenta estas creaciones en base a una investigación sobre las posibilidades del código de raíz fractal y la automatización de la creación gráfica por medio de computadores o máquinas análogas (*drawing machines*) (358)¹³³. Una de sus obras, *Stalk*, está basada en el conjunto fractal de Julia.

¹²⁸ Ver más detalles de su trabajo en: <<http://www.verostko.com/pathway.html#first%20use%20of%20brush>>

¹²⁹ Fuente: <<http://www.imdb.com/name/nm0190872/>>

¹³⁰ Ver este video en: <<https://www.youtube.com/watch?v=w7h0ppnUQhE>>

¹³¹ Youngblood, Gene. *Expanded Cinema*. P. Dutton & Co., Inc., New York 1970

¹³² Karl Sims: <<http://www.nticc.or.jp/permanent/karl/>>

¹³³ Wilson, S. *Information Arts, intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, London, England. 2002

Por otro lado, y en un plano más actual, los artistas asiáticos también han marcado un punto de influencia en la escena global del arte algorítmico. Algunos de éstos son el artista chino Raven Kwok o los japoneses Ryoji Ikeda y Ryoichi Kuroka, los cuales exponen sus obras en importantes plataformas de exhibición mundiales. El caso de Kwok se lleva a cabo mayormente en escenografías interactivas, video o proyecciones de mapping; mientras que Kurokawa es más aplicado a videoinstalaciones y obras digitales que integran música electrónica con videoarte y arte generativo. Personalmente, Kurokawa siempre ha llamado mi atención por la plasticidad de su trabajo, lo refinado de sus composiciones y también por obras que, en algunos casos, demuestran una inspiración en el paisaje y la naturaleza de una manera no literal sino más bien conceptual. Me atrevería a mencionar bajo mi percepción, que Kurokawa, a pesar de hacer uso de una alta complejidad en sus creaciones digitales, expresa levemente una suerte de estética tecno-romántica¹³⁴.

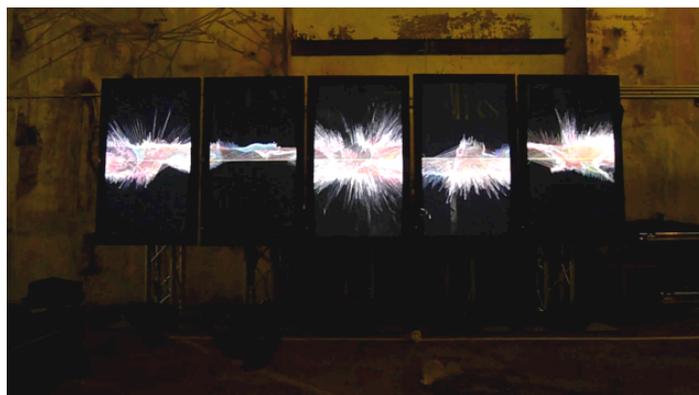


Fig. 36. Rheo: 5 horizons. Ryoichi kurokawa. Videoinstalación, 2010.

Las técnicas que utilizan Kurokawa así como otros artistas-programadores coetáneos evidencian el grado de evolución técnica y estética que ha presenciado el arte generativo a través de los años, producto del desarrollo constante de las plataformas informáticas. Desde las primeras composiciones con patrones algorítmicos simples en base a softwares poco versátiles hasta videoinstalaciones desarrolladas en base a partículas digitales, funciones de aleatoriedad, emergencia o interactividad. En síntesis, programación

¹³⁴ En cuanto a esta idea, invito a revisar las obras: “*Octfalls*” (2001), o “*Rheo: 5 horizons*” (2010).
Sitio web: <http://www.ryoichikurokawa.com>

de avanzada. Actualmente muchos artistas trabajan integrando plataformas de control de sonido, microprocesadores, sensores, código informático, etc. Pascal Dombis, Matt Pearson, Felix H. Beck, Chris Surgue, son otros autores que en la actualidad desarrollan obras de arte con esta orientación.

4.1.5 Arte conceptual

Algunos artistas contemporáneos no directamente pertenecientes a un movimiento de *media art* son igualmente productores de obras que abarcan temas en torno a genética, física, naturaleza o ciencia; recurriendo a éstos puntos como vía de reflexión sociológica, metafísica o filosófica, pero no en todos los casos utilizando sistemas electrónicos. Creo importante considerar éstos ejemplos ya que a través de su propuesta conceptual también son relevantes para Simbiosis Meditativa.

Incluyo en esta reseña la obra de Olafur Eliasson. Sus proyectos son también producto de un trabajo interdisciplinario, y comprenden el estudio del espacio, la luz, la geometría, los elementos naturales o artificiales¹³⁵. La presencia del espectador es fundamental en su obra, tanto que podemos decir que está muy relacionada a una visión endoestética en cuanto al rol del arte sobre la percepción humana. El espectador, al participar en la obra, termina de armar el círculo creativo de la misma. Eliasson declara:

“Las obras de arte son montajes experimentales y las experiencias de éstas no se basan en una esencia que se encuentra en las obras mismas, sino en una opción activada por los usuarios”¹³⁶.

En obras como *The mediated motion* (2001) o *Riberbed* (2014) Eliasson interviene una sala de arte transformándola completamente en un paisaje natural¹³⁷; en 2003, en la Tate Modern Gallery construyó un sol artificial (*The weater proyect*)¹³⁸ y una cascada

¹³⁵ Ver detalles de Studio Olafur Eliasson en: <<http://olafureliasson.net/>>

¹³⁶ Eliasson, Olafur. “*Models are real*” (ensayo). Editado por E. Abruzzo, E. Ellingsen y J. D. Solomon. New York. 2007.

¹³⁷ Ver: <<http://olafureliasson.net/archive/exhibition/EXH101073/the-mediated-motion>>

¹³⁸ Ver: <<http://www.tate.org.uk/whats-on/exhibition/unilever-series-olafur-eliasson-weather-project/olafur-eliasson-weather-project>>

también artificial en pleno Nueva York (*Waterfalls*, 2008). Otras obras utilizan piedras de meteoritos o efectos de reflexión lumínica dentro de estructuras que asimilan enlaces moleculares, formas fractales o conformaciones planetarias (*The authority of art*, 2014; *Attraction*, 2015; *Lava Kaleidoscope*, 2012)¹³⁹. A rasgos generales, las obras de Eliasson funcionan como sistemas conceptuales, tensan los límites perceptivos y materiales del arte actual y reflexionan sobre la función de éste en la sociedad contemporánea, hipertecnologizada y globalizada. Su enfoque conceptual es así un referente para mi proyecto de tesis.

Asimismo, la serie de obras de Damien Hirst, *Historia Natural* (1991-2012), que tratan con animales conservados dentro de cápsulas con formaldehído¹⁴⁰, las considero relevantes. Estas instalaciones, sin recurrir a ingeniería genética o un sistema electrónico complejo se perfilan, desde cierto ángulo, como un trabajo de bio-arte; e involucran una reflexión sobre conceptos sociales relativos a esta materia. Damien Hirst utiliza aquellos recursos para hablar principalmente de la muerte y la decadencia social. Particularmente sobre la obra *The physical impossibility of death in the mind of someone living*, Luke White, quien ha teorizado sobre la obra de Hirst, establece relaciones entre el tiburón conservado en esta obra y la lógica del capitalismo, lo sublime, la naturaleza y la tecnosociedad:

“Si, con el crecimiento de las ansiedades ambientales de finales del siglo XX, la naturaleza se ha reafirmado como fuera del control humano, entonces se trata de una naturaleza que está ahora claramente sobrecodificada con los poderes de la tecnociencia capitalista para transformarla a una 'tercera naturaleza', si se quiere; la cual no es totalmente cultural, ni totalmente fuera de la cultura, sino un híbrido de ambas”.¹⁴¹

Finalmente, también vale mencionar el proyecto *site-specific Schumi Tulips*(2008)¹⁴², de los holandeses E. *Driessens* y M. *Verstappen*. En este caso se trabaja con tulipanes controlados en un contenedor especial; lo que también habla de una

¹³⁹ Ver: <<http://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK107415/lava-kaleidoscope>>

¹⁴⁰ Damien Hirst: <www.damienhirst.com/artworks/catalogue?category=23>

¹⁴¹ White, Luke. *Damien Hirst's Shark: Nature, Capitalism and the Sublime*, en Nigel Llewellyn y Christine Riding Tate Research Publication, Enero, 2013, <<https://www.tate.org.uk/art/research-publications/the-sublime/luke-white-damien-hirsts-shark-nature-capitalism-and-the-sublime-r1136828>>

¹⁴² E. *Driessens* y M. *Verstappen*: <<http://notnot.home.xs4all.nl/tschumitulips/tulips.html>>

visualidad híbrida entre lo sintético y lo natural, susceptible a la acción del tiempo y el flujo degenerativo (o artificialmente alterado) de lo vivo.



Fig. 37. The authority of art (night).
Olafur Eliasson, 2014

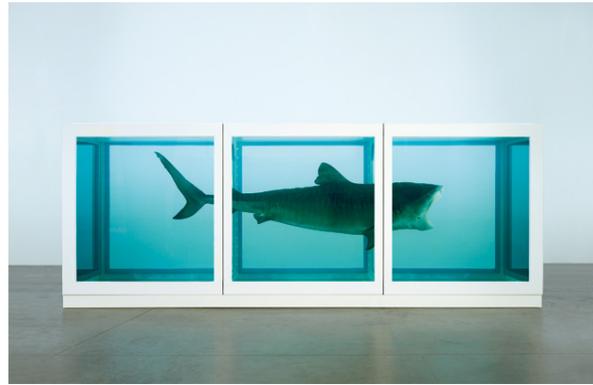


Fig. 38. The physical impossibility of death in the mind of
someone living, Damien Hirst, 1991

4.2 El contexto latinoamericano y nacional

En cuanto al contexto chileno y sudamericano, quisiera referirme a obras y artistas que he podido presenciar personalmente, otras con las cuales tengo alguna relación académica, o simplemente algunas que han servido como marco de referencia para mi proyecto.

En el apartado anterior he mencionado el certamen *Vida*, de Fundación Telefónica; volviendo a éste, puedo agregar que si bien apunta a un panorama mundial, también existe una presencia importante de latinoamericanos en su catálogo. Algunos artistas de interés son, Rejane Cantoni y Leonardo Crescenti (Brasil), Kuai Shen (Ecuador) o Mariano Sardón (Argentina). De entre ellos, el mexicano Gilberto Esparza, es un artista al cual quisiera referirme brevemente, ya que sus obras se acercan un poco al planteamiento de Simbiosis Meditativa al hacer uso de material biológico junto con medios electrónicos. El primer caso a observar es *Plantas Nómadas*(2008-13); pequeños aparatos biotecnológicos conformados

por plantas y microorganismos viviendo simbióticamente con robots. Estos organismos tecno-biológicos viven cerca de los ríos contaminados por desechos urbanos, se desplazan para encontrar agua residual y la procesan para transformar sus nutrientes en energía, alimentando a las mismas plantas que conviven con los robots, cumpliendo ciclos vitales independientes¹⁴³. El segundo caso es la obra *Fuel Cell Symphony* (2013), con la cual Esparza crea sonidos e imágenes a partir de bacterias microscópicas cultivadas en un sistema bioquímico y electrónico. Éste extrae la energía producida por las bacterias en una “cosechadora de micro energía” como lo denomina el artista¹⁴⁴, con la que luego se crea una reacción sonora. Pero las bacterias ocupadas por Esparza son además organismos extraídos de las aguas contaminadas de algunas urbes mexicanas, así como *Plantas Nómadas* interactúa con esas mismas aguas. Aquí se evidencia la construcción de un discurso estético relativo a los impactos ambientales y sociales que genera la actividad humana en un contexto hipertecnológico. En este sentido, el artista argumenta en torno a *Plantas Nómadas*:

“El proyecto surge de reflexionar sobre los sistemas de producción, la concentración de la riqueza, el sostenimiento de gigantescos centros urbanos, la explotación desmesurada de los recursos naturales, la resistencia hacia una transición energética, y en suma, la falta de una consciencia para encontrar formas de vida que se relacionen en empatía con la naturaleza. La tecnología ha sido históricamente utilizada en la sofisticación del mundo productivo. Sin embargo, tiene ésta, un potencial enorme para favorecer las grandes transformaciones que el planeta requiere”.¹⁴⁵

Podemos comprender que el artista extrae cierta inspiración en los desechos electrónicos, biológicos y químicos de nuestro sistema industrial y urbano actual. Esto, si bien es una problemática planetaria, sabemos que es más común en países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, respecto al Europa o Norteamérica. Así, la obra de este artista muestra una observación sobre una situación propia de su contexto social-

¹⁴³ Referencia extraída de: <<http://www.plantasnomadas.com/>>

¹⁴⁴ Ver: <<http://now.lincoln.com/2013/05/polluted-art-gilberto-esparzas-fuel-cell-symphony/>>

¹⁴⁵ Contenido extraído de: <<http://www.plantasnomadas.com/>>

tecnológico; que en el caso del artista mexicano se muestra tanto en los fundamentos estéticos como en parte de la materialidad de su obra, pues es importante saber, *Plantas Nómadas* recurre a aparatos, mecanismos y circuitos reciclados en su construcción.



Fig. 39. Plantas Nómadas, Gilberto Esparza

Quizás dentro de esto podamos incluso rescatar cierta particularidad o tendencia en parte de las artes mediales latinoamericanas. Aquí Simbiosis Meditativa se reconoce como una obra que también hace uso de recursos tecnológicos de fácil acceso a un público masivo, a instrumentos que en el ámbito actual más que *high-tech* son de bajo presupuesto, e incluso algunos software de libre acceso, enmarcados dentro de una política de democratización de la tecnología. Mi proyecto recurre a placas protoboard, Arduino, software libre como Processing. El instrumento más caro que compré para mi proyecto, un sensor de radiación fotosintética, tiene un valor que no supera los 250 dólares¹⁴⁶.

En la misma línea de obras de baja infraestructura hay otro proyecto interesante, *Algas Verdes*, creado por un grupo de jóvenes artistas y técnicos colombianos (*librepensante.org*)¹⁴⁷. Gracias al consejo de Claudia González en la etapa de coloquio del segundo año del magíster, conocí este trabajo, con el cual luego generé contacto por medio de Internet. *Algas Verdes* genera fotobioreactores a partir del cultivo de algas comunes, en este caso extraídas de las aguas de la ciudad de Bogotá. Trabajando con la biomasa producida, *Algas Verdes* permite extraer energía libre. El valor de este proceso es que la

¹⁴⁶ Más información en el capítulo 4, o en el sitio: <<http://www.vernier.com/products/sensors/solar-radiation-sensors/par-bta/>>

¹⁴⁷ Más detalles en: <<http://librepensante.org/algasverdes/>>

energía es obtenida a partir de un sistema biotecnológico montable con materiales locales, reciclados y económicos, posible de integrarse a la arquitectura doméstica o urbana, y sin necesidad de vastas infraestructuras. En otras palabras, obedece a la idea de construir un sistema utilitario y más adherido a un método de trabajo “*Do it yourself*” o “*Hazlo tú mismo*” (conocido comúnmente como *DIY*)¹⁴⁸, el cual se ha consagrado en las últimas décadas como un movimiento contracultural y comunitario potenciado por Internet y a veces presente en el arte de las nuevas generaciones. En cierta forma *DIY* expresa también una filosofía reaccionaria al capitalismo. Éste es un movimiento global donde desde desarrolladores informáticos, ingenieros eléctricos o biotecnólogos hasta músicos o artistas visuales lo han integrado a su quehacer técnico, compartiendo conocimiento a través de comunidades virtuales o encuentros en lugares comunes. Como mencioné antes, en el proceso inicial de investigación técnica de mi proyecto me comuniqué vía Internet con Hamilton Mestizo, uno de los autores del proyecto *Algas Verdes*, para expresarle algunas dudas que tenía en el momento de construir la circuitería para la lectura de los sensores de dióxido de carbono y oxígeno, ya que en este aspecto veía que podía recoger algo de información. Hamilton se informó sobre mi proyecto y yo más sobre el suyo. Finalmente recibí algunas ideas para el desarrollo de mi circuito, pues *Algas Verdes* recurre al mismo modelo de sensor de CO₂ que Simbiosis Meditativa, manipulado a través de Arduino.

En resumidas cuentas, una estética *low-tech*, o una tendencia al reciclaje de tecnologías en algunos casos puede considerarse como parte del espíritu de las artes mediales latinoamericanas, en el cual *Simbiosis Meditativa* entra de algún modo en contacto. Quizás no es una norma omnipresente pero sí puede jugar un rol importante, en coherencia con un contexto que abarca el concepto de marginalidad en relación a los grandes focos de producción mundial del arte, del desarrollo tecnocientífico y del flujo económico global. Como menciona Rodrigo Alonso, profesor y curador argentino especializado en arte contemporáneo y nuevos medios, “en algún sentido, las periferias son

¹⁴⁸ Existe más de un sitio en la red donde este movimiento se manifiesta. Algunos ejemplos, presentes no sólo en la electrónica sino que también en la biotecnología, son: <www.permanentculturenow.com/introduction-to-diy-counter-culture/>, <<http://diybio.org/>>

las que tienen mejores posibilidades de distancia crítica”¹⁴⁹. Para el teórico, esto marca una identidad:

“Debido a esto, la relación entre arte y tecnología en América Latina debe plantearse necesariamente en términos políticos. Cualquier propuesta de este tipo producida en sus países lleva implícita las tensiones entre el paradigma “occidental” forjado al calor de la expansión tecnológica y la ineludible realidad de las economías y culturas locales, derivativas y marginadas. La exigencia de preguntarnos por nuestro lugar en este mundo no es una opción sino una necesidad”¹⁵⁰.

En Chile, creo que esto también puede considerarse. Un ejemplo es lo que registran Milan Ivelich y Gaspar Galaz, en su texto *Chile Arte Actual* en torno a una de las ramas primarias del arte electrónico, el videoarte:

“A partir de 1978 fue tan considerable el número de “videístas” que en 1981 pudo organizarse el Primer Encuentro de Video-Arte Franco Chileno. Desde el primer encuentro quedó en evidencia que la orientación de franceses y chilenos era bien distinta. Los primeros preferenciaron la ordenación de estructuras sintácticas, los segundos indagaron en nuestra realidad, buscando las zonas de marginalidad social e individual derivadas de nuestra propia situación humana.”(235)¹⁵¹

En una versión del mismo certamen expuso, entre otros, Alfredo Jaar (para la segunda versión de 1981)¹⁵². Me interesa destacar a Jaar ya que su obra se ha llevado a cabo no sólo en el video sino que también en la instalación, también desde un enfoque crítico o analítico sobre grandes problemáticas sociales, políticas o geográficas¹⁵³. En el año 2006 se llevó a cabo *SCL*, una exposición integral de este artista que abarcó variados espacios de Santiago de Chile. Uno de ellos fue la Galería Gabriela Mistral; donde se presentó la obra “*Que cien flores broten*”,¹⁵⁴ en la cual se transformó una sala completa

¹⁴⁹ Alonso, Rodrigo. *Elogio de la low Tech*. Artículo publicado en Burbano, Andrés & Barragán, hernando (eds).

Hipercubo/ok. *Arte, Ciencia y Tecnología en Contextos Próximos*. Bogotá: Univ. de Los Andes; Goethe Institut, 2002.

¹⁵⁰ *Ibidem*

¹⁵¹ Ivelich, Milan – Galaz, Gaspar. *Chile, Arte Actual*. Edic. Universitarias de Valparaíso, 1988. Reimpresión 2006. Chile.

¹⁵² *Ibidem*

¹⁵³ Fuente: <<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=107343>>

¹⁵⁴ Más detalles en los sitios: <www.youtube.com/watch?v=wEWiOrf2N2s> <www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=107343>

para instalar un complejo sistema de hidratación y luz para mantener a plantas floridas que, al mismo tiempo, tratan de resistir a vientos fuertes y fríos provenientes de ventiladores industriales. La obra forma parte de una trilogía llamada *Gramsci*, que según se define, “alude a una campaña maoísta cuyo desenlace fue la persecución y trabajos forzados de muchos chinos”¹⁵⁵. Me refiero a esta obra porque es ejemplo de un proyecto que funciona como sistema, que recurre a la textura fría de lo sintético, lo industrial o lo tecnológico en contraposición a lo delicado, pero resistente a la vez, de lo orgánico; y aunque la obra establece un discurso estético que va más allá de la simple materialidad del conjunto orgánico-tecnológico, su poética se define por éstos elementos. Presencí esta instalación en persona y de cierta manera, posteriormente será una referencia para mis proyectos.



Fig. 40. Que cien flores broten, Alfredo Jaar, 2006.



Fig. 41. Máquina Cóndor, Demian Schopf, 2006

Existen además, casos de proyectos muy particulares que me parece interesante apuntar. Uno de ellos es la obra *Máquina Cóndor* (2006) de Demian Schopf (fig. 41), la cual ejerce un elocuente diálogo entre arte, tecnología y ciencia. No toda la obra de Schopf incursiona tan directamente en lo electrónico o tecnocientífico, también trabaja con la fotografía o el imaginario religioso colonial¹⁵⁶; sin embargo, instalaciones como *Máquina Condor* son un buen punto de contexto para nuestra materia. A rasgos generales, la obra es un sistema de variación de textos autogenerados a partir de sitios Web de algunos principales periódicos de la prensa internacional. Posee un programa que examina noticias mundiales relativas a la guerra y a la economía, utilizando estos datos para activar un motor

<<http://galeriagm.cultura.gob.cl/exposicion/1991/06/58>>

¹⁵⁵ Fuente: <<http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=107343>>

¹⁵⁶ Fuentes: <<http://www.artistasplasticoschilenos.cl/658/w3-article-39530.html#obra> - <http://www.mnba.cl/617/w3-article-54293.html>>

de escritura algorítmica que produce versos o textos proyectados en pequeñas pantallas organizadas modularmente en un gran montaje electrónico que, por cierto, presenta desnudos todos sus circuitos. “Los versos se sirven de la objetividad y frialdad del lenguaje científico para su producción poética”, se describe en una de las definiciones de la obra¹⁵⁷; la cual funciona tanto instalación de arte como experimento tecnológico, en cuanto a “la utilización de Internet como generador de textos en el contexto de los medios masivos de comunicación y la posibilidad de analizar sus resultados”¹⁵⁸. En este sentido podemos hacer un paralelo con la obra australiana *Silent Barrage* vista anteriormente, que es una propuesta artística y un experimento científico. *Máquina Cóndor* también se apropia de una estética tecnocientífica para generar un lenguaje. En este punto, el mismo artista describe:

“El lenguaje científico, su “temperatura de quirófano”, puede asociarse a la “frialdad y objetividad” que supone la tecnología de la tortura, que a través de los siglos se ha ido transformando en un método que se aplica de modo rígido y programático. Este contexto es el que avala al “Cóndor” de la máquina de la tortura que se intersecta con esta otra máquina estética que es la Máquina Cóndor”¹⁵⁹.

Vemos así un uso del elemento circuito eléctrico, pantalla de televisión, nodos informáticos o algoritmos, como el recurso para formular un lenguaje crítico a un contexto social, tecnológico o político que es parte de Chile y el mundo; es decir, aplicar significancia plástica a procesos e instrumentos que surgen de la ciencia y la tecnología.

Volviendo a la idea de plantear proyectos de arte electrónico que surjan a partir de electrónica de fácil acceso, como leds, breadboard o Arduino, puedo mencionar a la artista Yto Aranda, quien desarrolla “pinturas electrónicas” con ésta materialidad. Las obras de esta artista son intrincados tejidos digitales que contienen gran profundidad temática. Aquí, un caso que me interesa destacar por tener ciertas paralelismos con Simbiosis Meditativa, es la obra *Espirales Lumínicos* (2013), que a través de luz led y sonido, invita al espectador a un estado introspectivo, meditativo, a través de “formas espirales variables en constante

¹⁵⁷ Extraído de: <<http://galeriagm.cultura.gob.cl/exposicion/1990/02/26>>

¹⁵⁸ *Ibidem*

¹⁵⁹ *Ibidem*

aleatoriedad”¹⁶⁰. A mi parecer, este tipo de obras también pueden contextualizarse en relación al arte cinético de Matilde Pérez, como una suerte de extensión de su obra llevada al mundo de la *physical computing*.

Otros nombres de chilenos que obran con elementos electrónicos y que corresponde mencionar son Gonzalo Mezza y Daniel Navarro, junto con los artistas y profesores Christian Oyarzún y Daniel Cruz.

En síntesis, las obras y artistas mencionados en este capítulo son sólo parte del panorama total de las artes mediales en Chile, Latinoamérica y el mundo, pero los considero pertinentes para comprender cómo se contextualiza mi obra partir de mi experiencia directa o indirecta con algunos de éstos proyectos y como marco referencial sobre obras que interconectan arte, ciencia y tecnología.

¹⁶⁰ Ver: <<http://yto.cl/espialesluminicos/>>

5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE OBRA

5.1 Descripción general

Simbiosis Meditativa conforma una instalación multimedial que explora un estado de interdependencia entre un organismo vivo y un sistema electrónico, buscando un resultado estético de esta simbiosis.

Técnicamente hablando, esta obra realiza lecturas del proceso de fotosíntesis de una planta a través de sensores de dióxido de carbono y de radiación fotosintética conectados a un computador. Desde aquí se crean bancos de datos con los cuales se desarrollan patrones gráficos digitales que luego se proyectan sobre la superficie de la misma planta. Este proceso es un ciclo constante en el cual la proyección digital influye en la fotosíntesis de la planta por la intensidad de la luz proyectada y la complejidad de la figura. La planta reacciona a este estímulo ejerciendo variaciones en la fijación de dióxido de carbono y enviando nuevos datos al computador, lo cual luego reestructura los patrones gráficos proyectados y establece nuevas variaciones de intensidad lumínica sobre la planta. Así, se conforma un ciclo de emisión de datos e imagen en tiempo real, dependiente de la reacción de la especie vegetal mientras ésta crece y la figura digital evoluciona en un estado de mutua interdependencia.

Los patrones gráficos son diseñados en código informático basado en algoritmos fractales. Esto último a raíz de la profunda relación estética y matemática existente entre esta geometría y ciertos patrones de crecimiento en especies vegetales y formaciones naturales. Paralelamente, la imagen proyectada busca integrarse a la fisonomía de la planta respetando su textura, volumen y envergadura; conformando una simbiosis no sólo técnica sino que también plástica entre un elemento orgánico y una imagen-luz.

De este modo, Simbiosis Meditativa expresa una estrecha relación entre arte, naturaleza y tecnología, a la vez que una reinterpretación estética de la idea de tecno-modernidad. Su propuesta ejemplifica una posibilidad conceptual y simbólica de integración entre sistema artificial y natural en donde ambos dialogan y se potencian, en el contexto de una etapa crítica de la sociedad contemporánea que aspira a establecer un desarrollo tecnológico y económico sustentable.

5.2 Objetivos

5.2.1 *Objetivo general*

Realizar un sistema multimedial capaz de generar interacción entre una especie vegetal y una imagen digital, en el cual el proceso de desarrollo biológico y digital respectivamente, estén ligados. En consecuencia, establecer una propuesta estética en torno a las posibilidades de intersección entre arte electrónico y ciertos instrumentos de estudio biotecnológicos, y a la vez un sistema de expresión plástica desde las artes mediales.

5.2.2 *Objetivos específicos*

. Investigar el efecto de la luz artificial sobre la tasa fotosintética de una planta (*Soleirolia Soleirolii*) a través de la utilización de sensores de dióxido de carbono y radiación fotosintética.

. Diseñar una imagen digital capaz de reaccionar en tiempo real al proceso fotosintético de la especie vegetal y a la vez capaz de influenciar su mismo ciclo natural, por medio de la luz generada.

. Expresar y proponer relaciones estéticas entre arte generativo, geometría fractal y patrones de crecimiento biológico.

5.3 Imágenes

A continuación se presentan algunas imágenes de la obra en mi espacio de trabajo. También es posible revisar un video de registro en el siguiente link:
<https://vimeo.com/101668619>



Fig. 42. Vista general al contenedor



Fig.43. Vista superior



Fig. 44. Vista lateral



Fig. 45. Vista interior alta; se aprecian los sensores de CO2 y temperatura.



Fig. 46. Vista al interior baja del contenedor.
En el centro de la planta, el sensor de radiación fotosintética



Fig.47. Vistas en detalle a la planta en interacción con la proyección

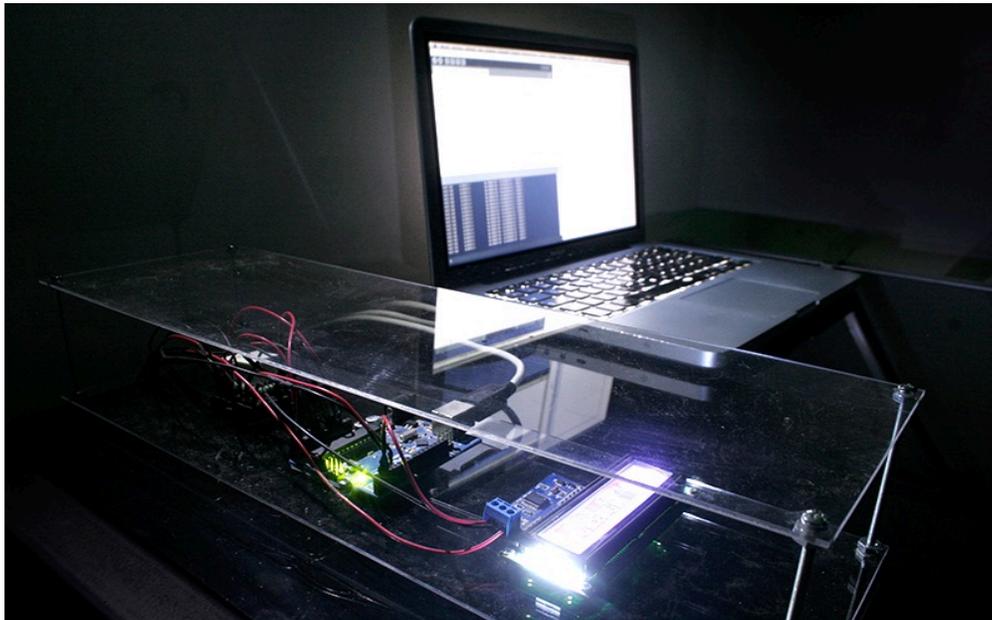
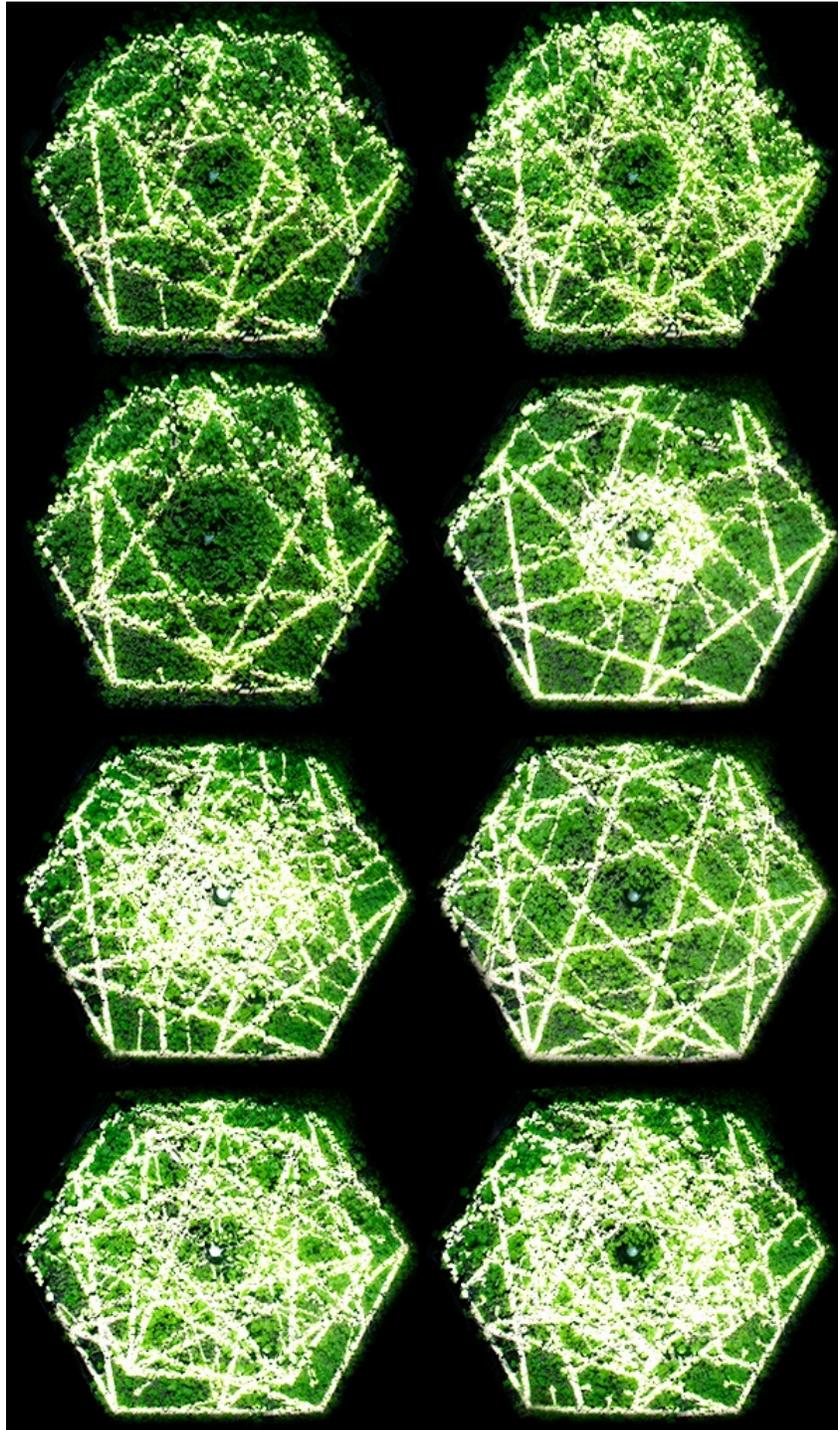


Fig. 48. Circuito para procesamiento de los sensores con computador

Las siguientes imágenes muestran diversos estados de ramificación del patrón gráfico proyectado en la planta, de acuerdo a las variaciones en la fijación de dióxido de carbono de la misma.



5.4 Descripción técnica

Para definir con claridad la estructura técnica del proyecto, éste será desglosado en cinco puntos:

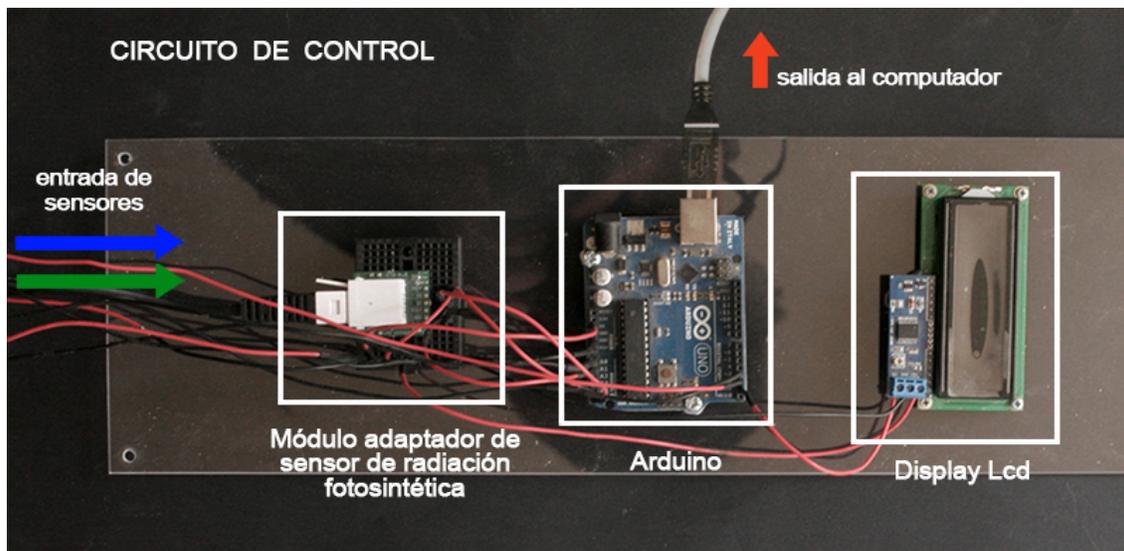
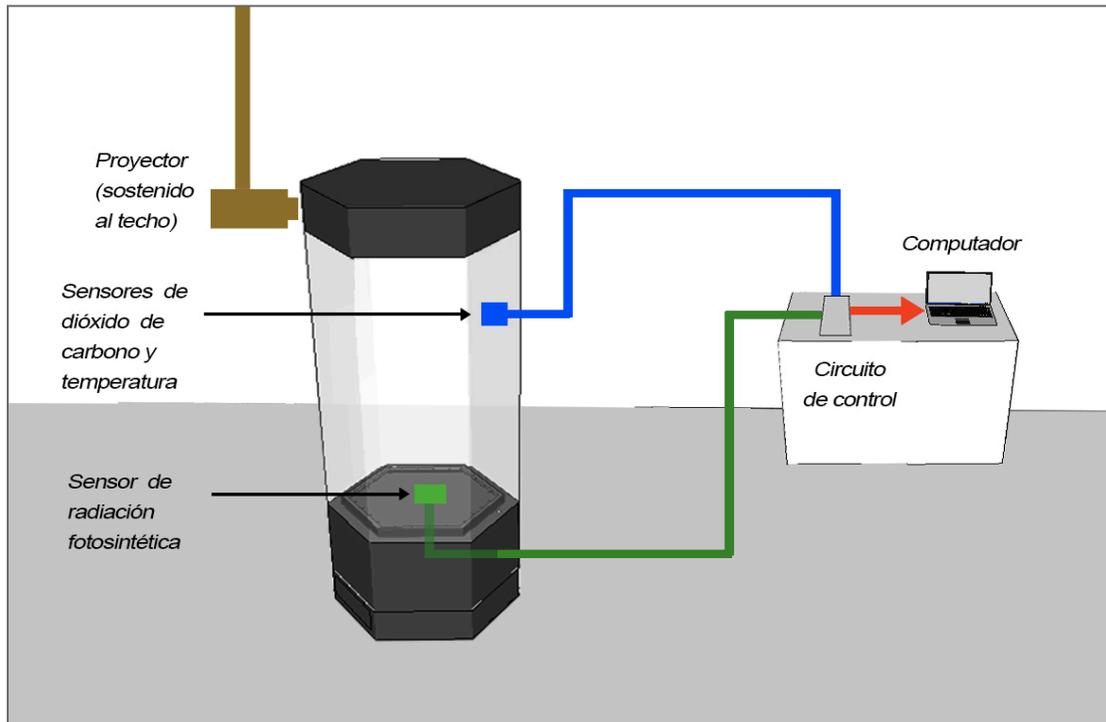
- a) Componentes y medidas de la instalación
- b) Ciclo de funcionamiento
- c) Estructura informática
- d) Estructura electrónica
- e) Estructura biológica

a) Componentes y medidas de la instalación

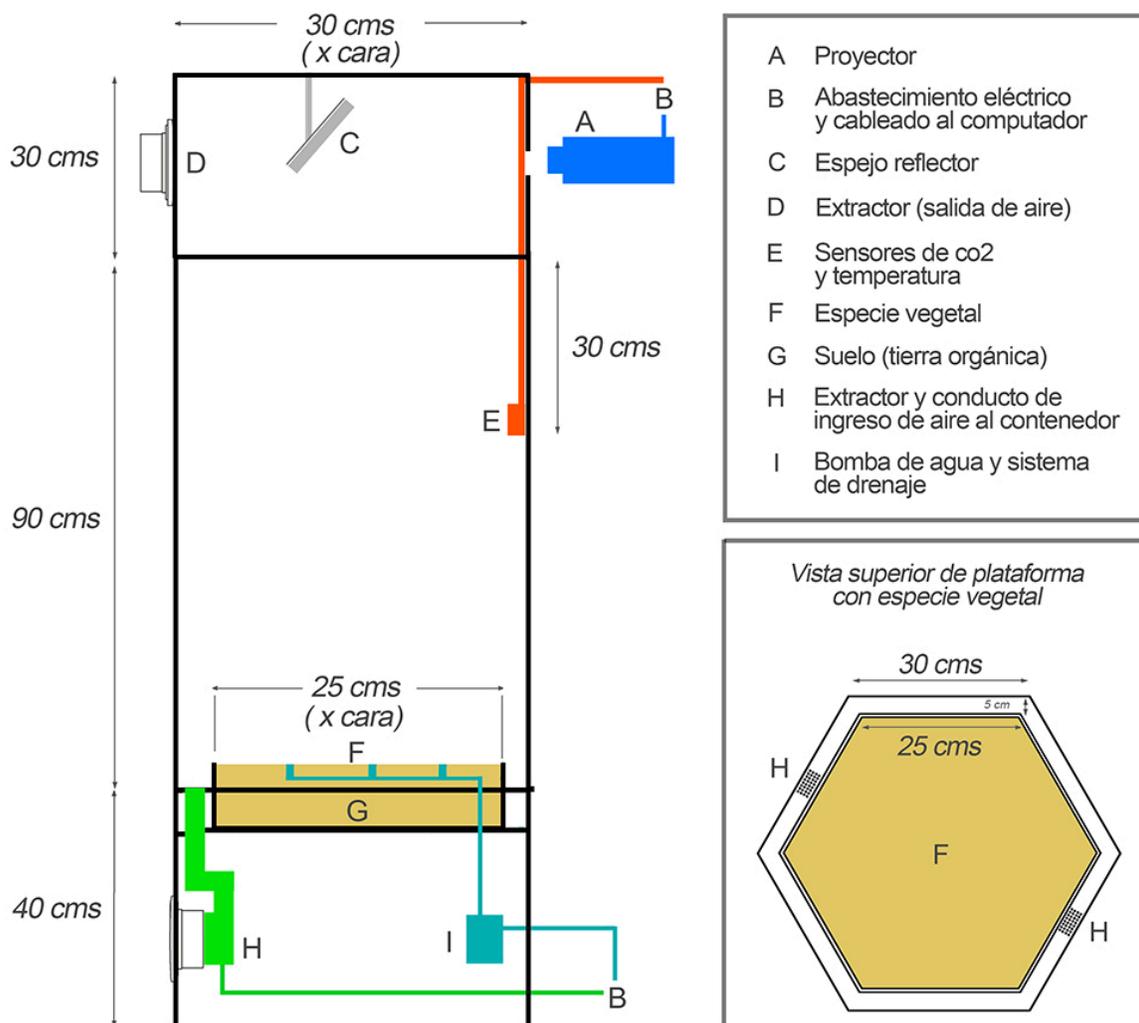
La instalación comprende un contenedor con una especie vegetal, más un módulo electrónico conectado a un computador instalado sobre una mesa o plinto. Como requisito básico de funcionamiento, la sala de instalación debe estar en total oscuridad y la temperatura media debe fluctuar entre 10° y 25° C.

En la instalación, cada componente es parte de la propuesta estética; tanto el contenedor como el circuito de funcionamiento de los sensores, un display que evidencia las constantes variaciones en los datos obtenidos y un computador, el cual mostrará un gráfico en tiempo real de la fijación de dióxido de carbono en el proceso de fotosíntesis de la planta.

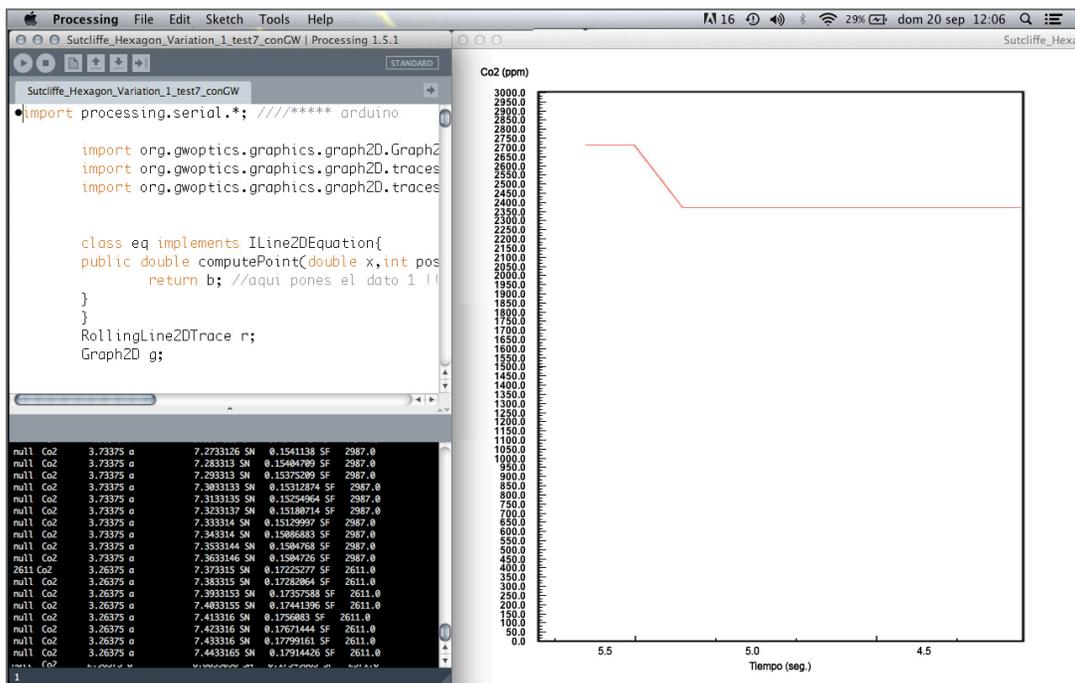
Los componentes generales se presentan en las siguientes imágenes:



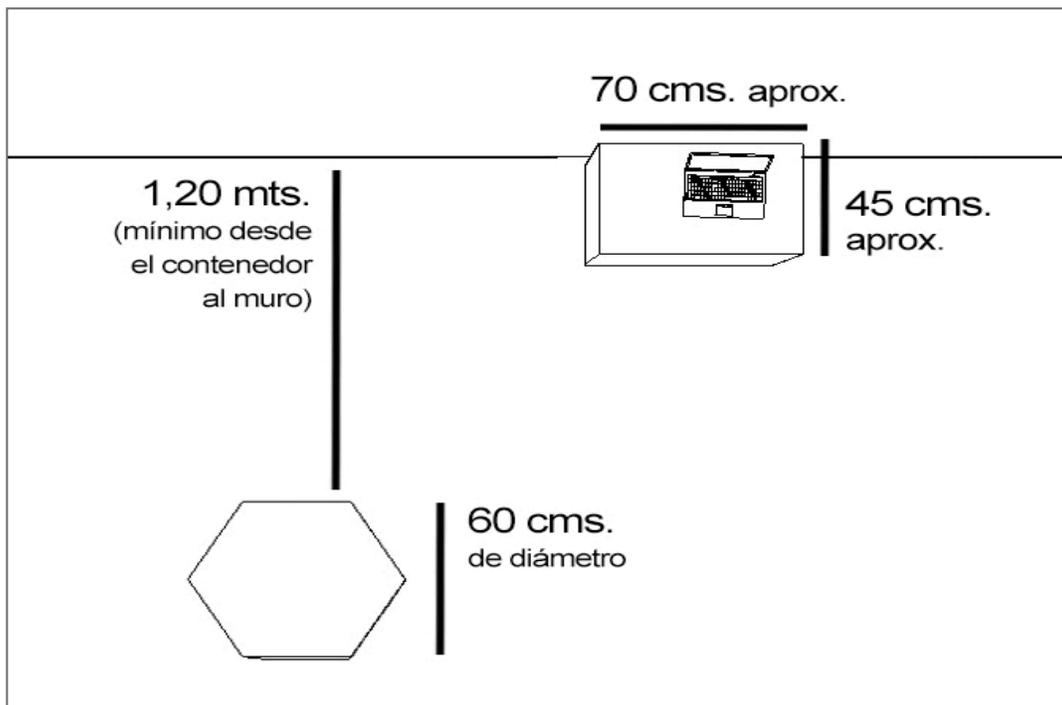
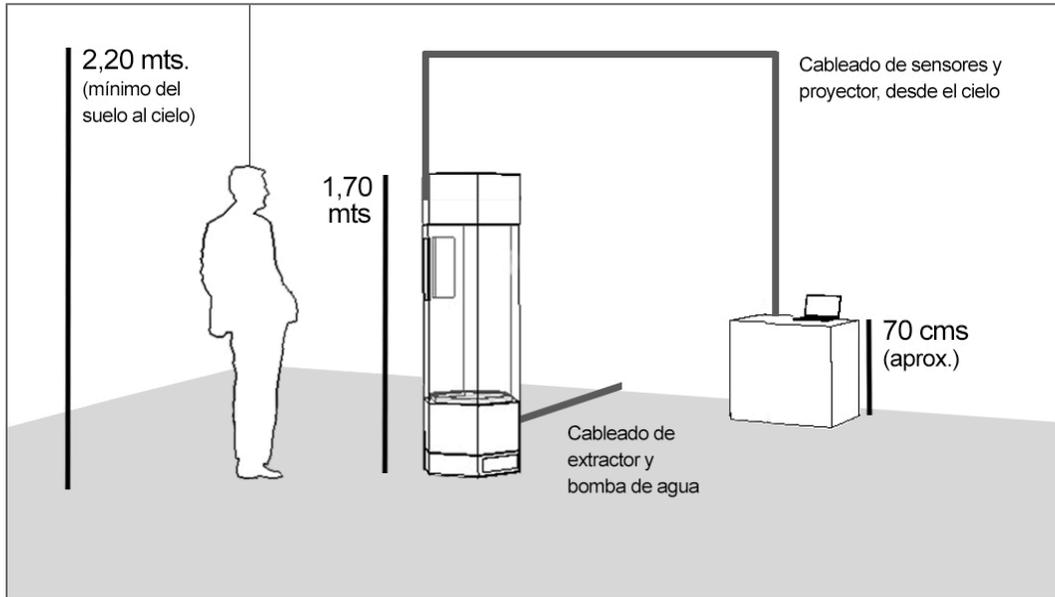
Sobre el contenedor, éste está formado de acrílico negro y transparente, de grosores 2mm a 4mm. El aire en su interior fluye por medio de 2 extractores ubicados en la parte superior e inferior (en esquema, puntos D y H). En la parte superior, fuera del contenedor, se ubica un proyector (A). La planta es alimentada con agua desde la base del contenedor por medio de una bomba (I). En el área interior-superior del contenedor se ubican sensores de CO₂ y temperatura (E). En el centro de la plataforma de la planta, un sensor de radiación fotosintética (F). El siguiente esquema muestra las dimensiones y componentes:



La imagen siguiente es una captura de la pantalla del computador en funcionamiento: Se presenta a la izquierda la interfaz del software *Processing* en el cual, en la consola (cuadro negro inferior), es posible apreciar el ingreso constante de datos desde los sensores. A la derecha está el gráfico que en tiempo real muestra el índice de fijación de dióxido de carbono en el proceso de fotosíntesis. Para más detalles ver el video de registro.



Sobre la disposición especial de la instalación: en una exhibición formal, se estima una disposición mínima de espacio tal como se presenta a continuación.



b) Ciclo de funcionamiento

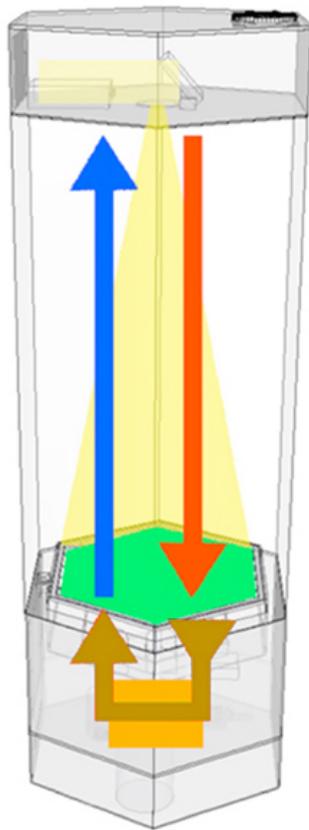
La obra se compone de un contenedor dentro de una sala sin acceso a luz natural. En el contenedor se albergará una especie vegetal que recibirá luz por medio de una proyección digital, desde un proyector ubicado en la parte superior de la estructura.

El contenedor posee un sistema de lectura de datos de dióxido de carbono (CO_2), radiación fotosintética (*Photosynthetically Active Radiation*, o *P.A.R.*) y temperatura / humedad por medio de sensores conectados a un computador a través de un micorcontrolador Arduino. Con estos instrumentos se realizarán lecturas de parte del proceso fotosintético de la especie vegetal, **siendo la variable más importante, la fijación de CO_2 versus intensidad lumínica emitida por el proyector.** La intensidad lumínica es medida a través del sensor *PAR*. En este sentido se pueden dividir en dos categorías los datos procesados:

- a) **Datos principales:** Se refiere a CO_2 . Con estos datos se genera la imagen a proyectar en la planta.

- b) **Datos de apoyo:** Se refiere a la radiación fotosintética, temperatura y humedad. Con estos datos se monitorea la estabilidad de la planta dentro del contenedor; que la intensidad de la luz recibida sea la adecuada; el regular la temperatura interna para calibrar la entrada y salida de aire por medio de los extractores, o la cantidad de agua por aplicar a la planta. Todo esto con el fin de mantener en estado saludable la especie. Estos datos se manejan de manera paralela e independiente del proceso anterior y son regulados directamente por el autor.

En el contenedor las condiciones de aire, temperatura, agua y nutrientes en el suelo son los ideales según la información obtenida sobre la especie, siendo la única **variable artificial la luz del proyector**. A continuación se presenta un esquema gráfico del proceso de funcionamiento:



-  La imagen es proyectada desde un proyector digital
-  La planta reacciona frente a la luz de la proyección, a través de la fijación de CO₂
-  Las variaciones de CO₂ e intensidad de la luz son leídas por los sensores y enviadas a un computador.
-  El computador regenera la imagen con los datos recibidos y los envía nuevamente al proyector
-  La imagen ya alterada, vuelve a proyectarse en la planta, generando nuevos cambios y alimentando un ciclo de reacción biológica-digital

c) Estructura informática

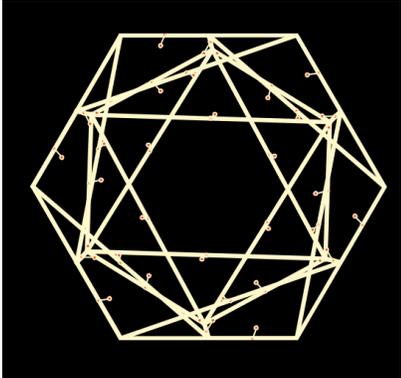
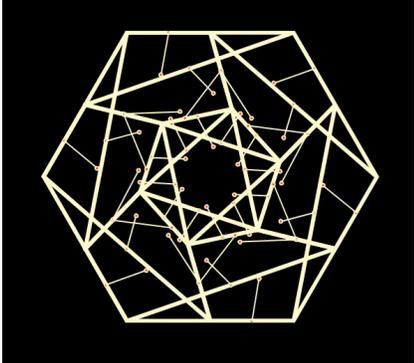
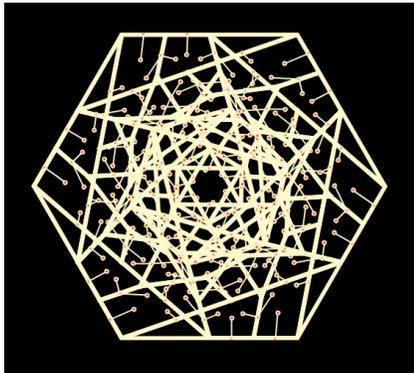
Para la generación de la imagen proyectada se utiliza el software *Processing*®. En el código fuente de la imagen se aplican los datos extraídos del sensor de CO₂ lo cual ejerce modificaciones automáticas en sus valores numéricos y altera constantemente la forma de la figura. Cada 10 segundos estos datos se renuevan en el código fuente, produciendo un ciclo rítmico de variación. Además, se presenta en forma paralela un gráfico que en tiempo real muestra estas modificaciones en los índices de CO₂.

La estructura geométrica de la imagen es de tipo fractal, lo cual le permite ramificarse en mayor o menor grado de acuerdo a los datos extraídos. Esta ramificación fractal se compone a partir de una figura base, que es el hexágono. En la instalación es posible apreciar además de una variación inmediata en su ramificación fractal, un cambio más profundo en el tiempo. Esto último implica que a través de los días la planta se adapta a la forma de la figura por lo cual hay un factor estético relativo a la extensión de tiempo en que la obra se exhiba.

El código base utilizado para generar estas imágenes está basado en un pentágono fractal modificado a partir de una composición de Matt Pearson, el cual surge de las investigaciones del matemático Alan Sutcliffe¹⁶¹.

La siguiente tabla ejemplifica las relaciones directas entre los valores de CO₂ sobre la ramificación de la figura. Este es un proceso en constante cambio:

¹⁶¹ Para más información, revisar: Pearson, Matt (2011). "Generative Art". New York: Meaning Publications.

Valores en ppm (o partículas por millón, de dióxido de carbono)	Figura resultante
432 ppm	
1709 ppm	
10123 ppm	

d) Estructura electrónica

d.1 Dispositivos:

. El procesamiento de datos de los sensores se efectúa por medio de Arduino Mega.

. Para la lectura de dióxido de carbono, se utiliza el módulo sensor *MG- 811* de *Sandbox Electronics*. Las hojas de datos pueden revisarse en el siguiente link:

http://netdrive.ennell.com/pic/ebay/SEN-000007/SEN-000007_Datasheet.pdf

. Para el monitoreo de la temperatura y humedad se utiliza el sensor *SHT15* de *Sensirion*: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/SHT1x_datasheet.pdf

. Para la medición de la influencia de la luz del proyector en la tasa fotosintética de la planta se utiliza un medidor de quantum de luz, o PAR meter modelo *MQ100* de *Apogee*, conectado a un módulo amplificador, modelo *PAR-BTA* de *Vernier*:

<http://www.vernier.com/products/sensors/solar-radiation-sensors/par-bta/>

Este sensor se conecta a Arduino por medio de un adaptador especial:

<http://www.vernier.com/products/accessories/proto-board-adapters/bta-elv/>

. Para la visualización de los datos procesados por los sensores, se utiliza un display alfanumérico de 16x2 GDM1602K:

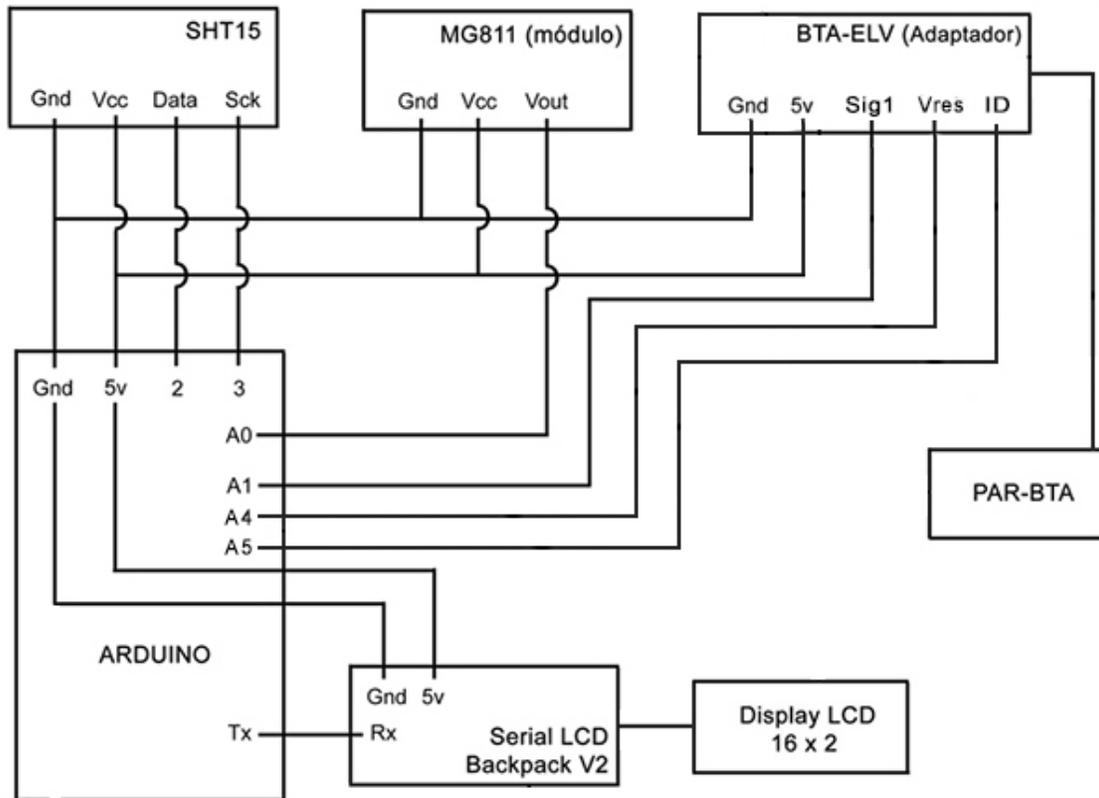
www.olimex.cl/product_info.php?products_id=185&product_name=Display_Alfanumerico_16x2_blanco_negro

Para disminuir la cantidad de pines en la conexión del display a Arduino, se utiliza un Serial Backpack V2, de este modo se recurriré solo a un pin en Arduino:

www.olimex.cl/product_info.php?products_id=975&product_name=Serial_LCD_Backpack_V2

d.2- Circuito:

El diagrama del circuito se presenta a continuación:



El código de operación de este circuito en Arduino se presenta como anexo en capítulo 8. En él se puede apreciar que hay dos operaciones principales en cada ciclo: el envío constante de datos de Co₂ a la consola y en paralelo los datos de los otros sensores alternadamente al display, para que mientras que se alimenta la figura hexagonal con los datos de co₂, en el display se pueda monitorear los valores de radiación fotosintética, temperatura y humedad de la planta. Ver páginas 123-124. Nota: en la consola también se observarán los datos de los otros sensores, pero en líneas diferentes, lo que permite utilizar la primera línea de dato numérico para alterar la figura hexagonal en Processing.

e) Estructura biológica

En el proceso de investigación previa de la obra y el monitoreo de la misma durante su desarrollo, se ha contado con la asesoría de la bióloga Andrea Stuardo Jorquera. A partir de sus observaciones se dan algunas especificaciones básicas:

La especie vegetal utilizada es un trébol compacto de origen europeo mediterráneo y lleva el nombre científico de *Soleirolia Soleirolii*. Esta entrega óptima resistencia al tipo de iluminación suministrada por el proyector digital de prueba (3000 lúmenes). Además, su fisionomía acolchonada cumple con las necesidades estéticas de la obra, puesto que no supera los 10 cms de altura.

La influencia de la luz en su superficie altera el crecimiento de la planta en cuanto a la longitud de la ramas y la dirección en la que se inclinan¹⁶². Este hecho se observa progresivamente en la obra a medida que pasan los días.

e.1 Sobre el proceso fotoquímico de la planta:

La fotosíntesis de la especie vegetal se desarrolla en dos etapas una de las cuales requiere de luz y la otra no. En las reacciones que dependen de la luz o fotoquímicas, la energía electromagnética es captada por una serie de pigmentos especializados y utilizada para la generación de *adenosín trifosfato* y *nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato*. En la fase dependiente de la luz, la que interesa al experimento, el *adenosín trifosfato* y *nicotinamida-adenina-dinucleótido-fosfato* son utilizados para transformar el dióxido de carbono en carbohidrato. Existe una relación directa entre la fijación de dióxido de carbono y la tasa fotosintética¹⁶³; es por este motivo que la variable de CO₂ será el elemento principal a medir, el cual ejerce tanta influencia como el oxígeno.

¹⁶² Radiation (PAR) scope of indoor growth of *Soleirolia soleirolii*. YUE Hua(College of Landscape Architecture Northeast Forestry University, Harbin 150040, China).

¹⁶³ Alscher, Ruth / Cumming, Jonathan. Stress Responses in Plants : Adaptation and Acclimatation Mechanisms Wiley-Liss, New York, 1990.

e.2 Sobre la luz proyectada:

La intensidad lumínica del proyector a utilizar es de 3.000 Lúmenes. Según estudios preliminares el tipo de especie a tratar puede inhibir su actividad fotosintética cuando la intensidad lumínica sobrepasa los 12.900 Lux, la que equivale a 12.900 Lúmenes por metro cuadrado¹⁶⁴. El área a trabajar posee menos de 0,23 m², lo que nos permite calcular una intensidad de aproximadamente 2.580 Lux en la superficie de cultivo de la *Soleirolia Soleirolii*. Considerando la capacidad lumínica del proyector, este instrumento es adecuado para el proyecto.

Para que las condiciones sean adecuadas, la temperatura ambiente de la sala debe fluctuar entre los 10° y los 25° C. En el interior del contenedor, la humedad relativa debe ser de entre 33% a 69% .

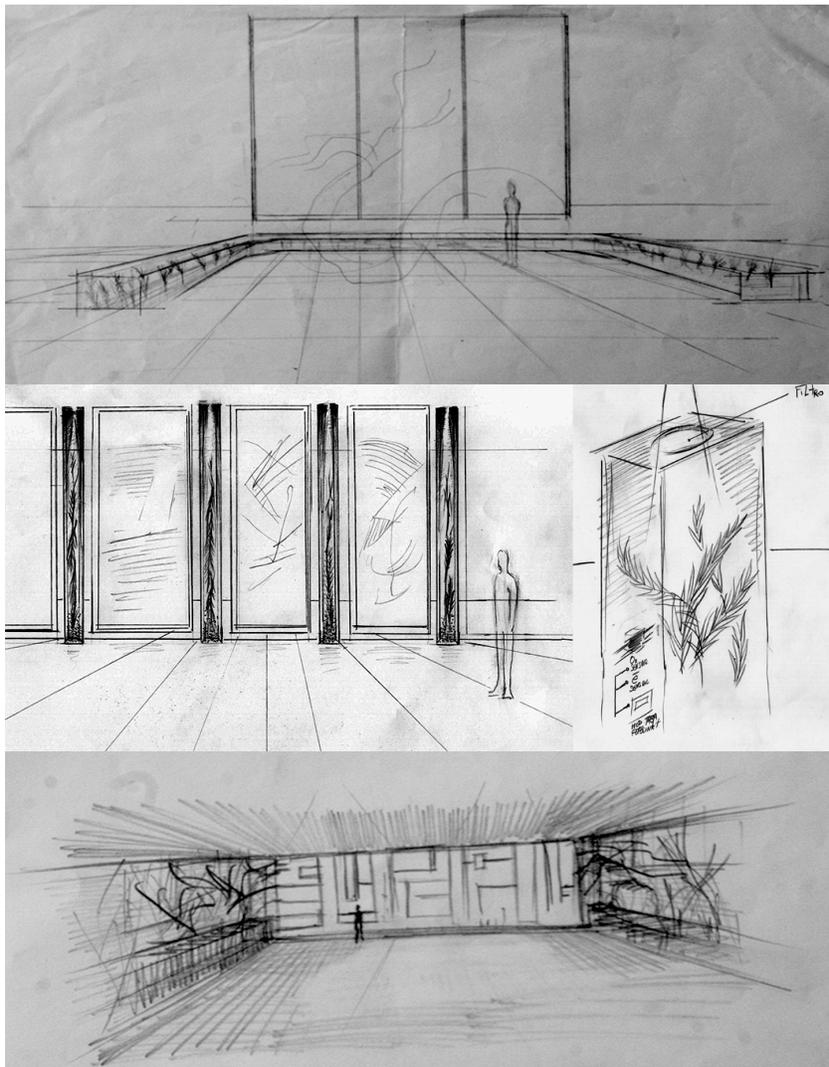
También es importante destacar que la luz utilizada en un proceso de fotosíntesis natural corresponde al espectro visible y parte del infrarrojo, por lo que la luz que incide en el contenedor siempre es de un rango de 400 a 700 nanómetros de longitud de onda; así como también la eficiencia cuántica de la fotosíntesis fluctúa entre 8 a 10 cuantos de luz por molécula de dióxido de carbono fijado¹⁶⁵. Por esto último es necesario utilizar un sensor de quantum, o *PAR Meter*.

¹⁶⁴ *Ibidem*.

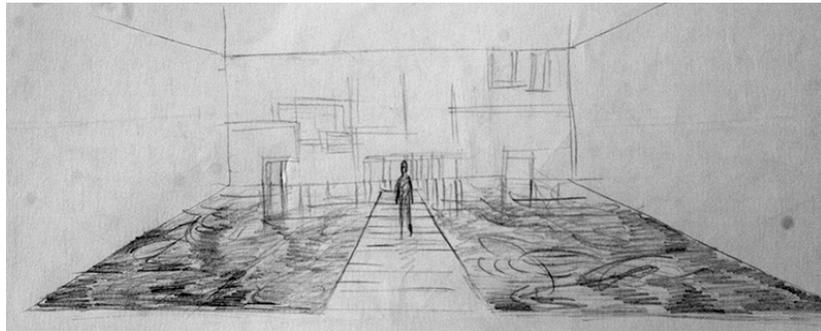
¹⁶⁵ S. Andreo, Carlos et al Rubén Vallejos. Fotosíntesis .Centro de estudio fotosintéticos y bioquímicos, secretaria general de la organización de los estados americanos programa regional de desarrollo científico y tecnológico, Washington, D.C, 1984.

5.5 Estudios previos

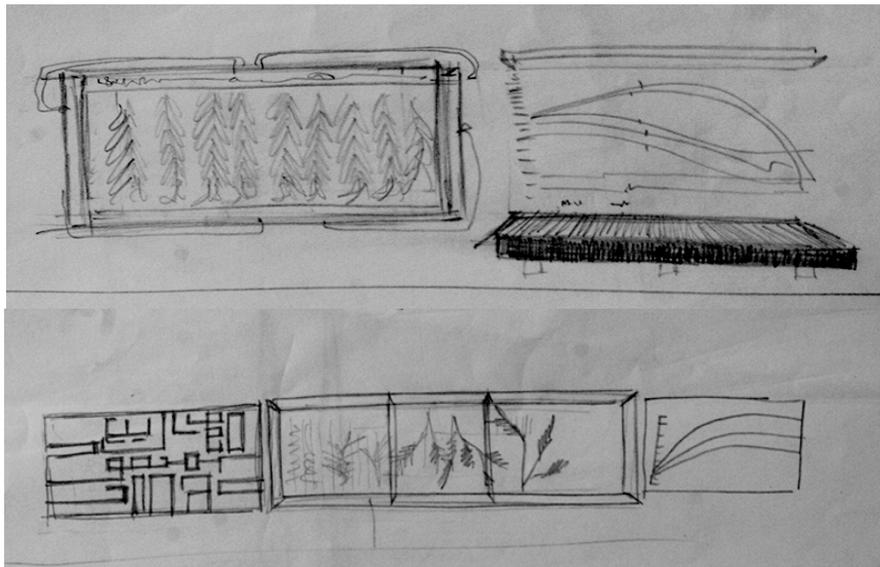
En cuanto al proceso creativo y de investigación de este proyecto, puedo mencionar que se ha llevado a cabo en diversas fases de prueba y error, durante un largo período de tiempo; iniciando en 2012, equivalente al segundo año de estudios del magister, luego interrumpido en parte del 2013 y continuado entre 2014 y 2015. Naturalmente, el diseño inicial ha cambiado bastante, a pesar de que la idea central siempre ha sido la misma; realizar una obra que establezca de algún modo una simbiosis entre tecnología y naturaleza. A continuación presentaré algunos de los bocetos de las primeras ideas para la instalación:



En los bocetos más primitivos (2012), presentados en las imágenes superiores, intenté concebir una obra que abarcara gran parte del espacio de una sala. La idea era depositar las plantas en los muros o en el suelo en contenedores alargados, casi como un pequeño jardín invernadero con sensores que registraran el proceso de fotosíntesis, para luego mostrarlo en una pantalla o proyección, a modo de gráfico de datos y obra plástica al mismo tiempo. La especie vegetal originalmente pensada eran helechos o musgos.



Una ocurrencia aún más radical fue abarcar todo el suelo de una sala de musgo cultivado, acompañado de una gran proyección en un muro, con el gráfico del proceso fotosintético del musgo. La motivación era insertar al espectador en un “microambiente natural-tecnológico”. Los problemas que comprenden estas ideas son esencialmente su gran formato, que requiere grandes recursos, y el difícil control en el cultivo de las plantas.

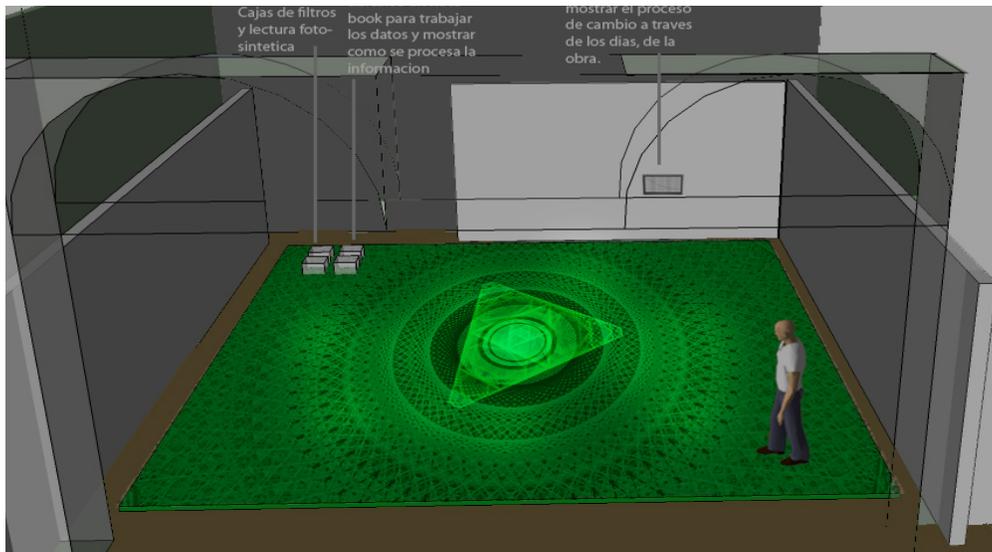


Una posibilidad menos ambiciosa fue la de montar un panel-contenedor con las plantas de helecho o musgo cultivadas horizontalmente (bocetos superiores). Los sensores en su interior capturarían el proceso fotosintético y los resultados serían proyectados a su lado, como gráfico de datos en tiempo real y como patrones de imagen creadas en código. Esta idea es bastante posible de llevar a cabo, pero no expresa una gran integración entre planta y sistema electrónico, lo que me impulsó a buscar otras alternativas.

Después de algunos ejercicios, probé proyectando una imagen desde un proyector digital sobre la misma superficie de las plantas. Los resultados estéticos me parecieron interesantes ya que expresaban más claramente esta idea de integración entre lo natural y lo digital. En esto, sería necesario utilizar una especie de fisionomía plana, por lo que se descartó el helecho o cualquier planta de crecimiento vertical. El musgo presentaba muy buenos resultados. Algunos experimentos sobre el musgo fueron los siguientes (se utilizaron figuras simples y estáticas):

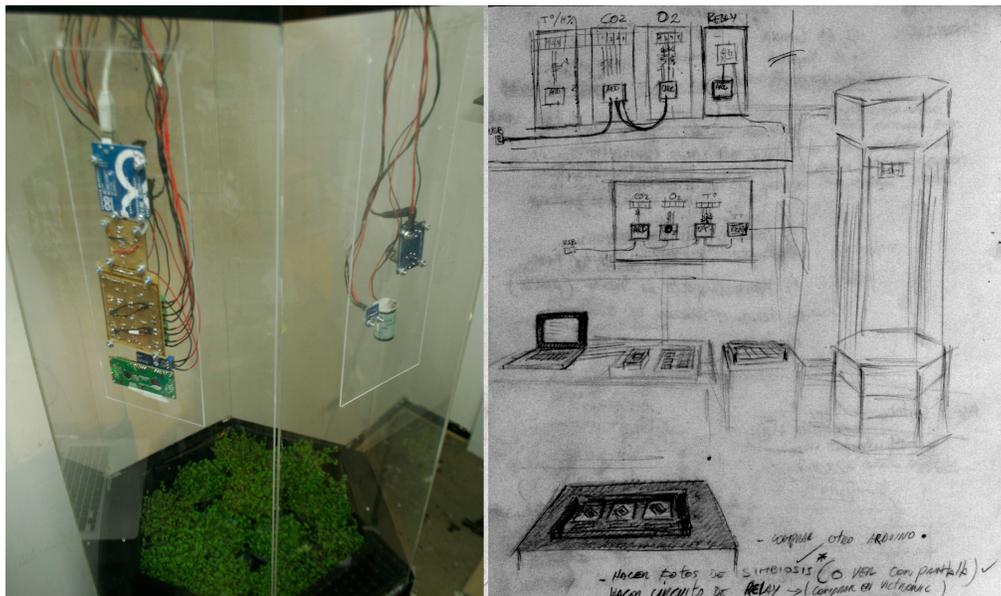


Con estos resultados el proyecto me pareció mucho más coherente, por lo que debía desarrollar un sistema que permitiera mantener a la planta en una base y proyectar la imagen desde un punto elevado. Un intento fue volver al uso del suelo de la sala y ubicar el proyector en el cielo, como vemos abajo. Quizás una idea interesante, pero nuevamente excesiva en recursos y con dificultades para controlar la fotosíntesis con sensores.

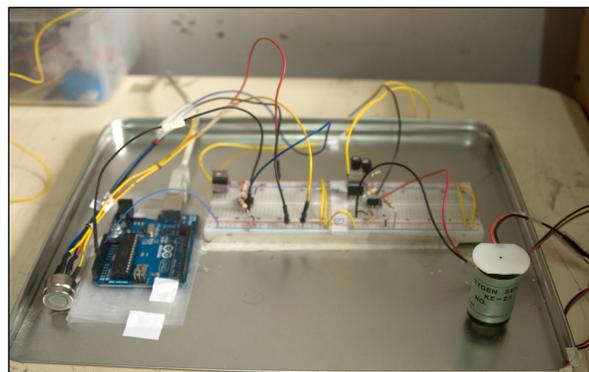


Tras todo esto, el contenedor vertical se presentaba como la opción más práctica, pues permitía abarcar el proyector y la planta al mismo tiempo, además de crear un espacio controlado donde leer los datos de fotosíntesis. Se iniciaba así el diseño definitivo tanto en la forma del contenedor, como la investigación en cuanto a sensores, circuitos, y gráficos en Processing y Arduino. Este proceso abarcó principios de 2013, luego todo 2014 y parte de 2015. La construcción del contenedor pasó por dos fases; la primera fue una estructura de madera para cultivar los musgos (entre 2012 y 2013), para luego construir directamente el contenedor de acrílico (2014). Inicialmente los sensores y circuitos estaban dentro del contenedor (ver imagen inferior, correspondiente a 2014); para más tarde pasar a una mesa externa. También se consideró el uso de un sensor de oxígeno y relays de estado sólido para las bombas de aire y agua, pero por cuestiones de simplificación técnica fueron descartados. En cuanto a la planta, si bien el musgo es apto en su forma para adaptarse a la

proyección, resultó poco óptimo para dar resultados bien medibles sobre su fotosíntesis. La reacción de una especie musgo a la luz y su fijación de dióxido de carbono son muy mínimos como para obtener una variación clara sobre la imagen proyectada¹⁶⁶; su factor de crecimiento es extremadamente lento y necesita de grandes cantidades de humedad. Una buena alternativa al musgo es un trébol plano, como la *Soleirolia Soleirollii* ocupada actualmente, de fácil manipulación, mantención y notable reacción fotosintética. A continuación algunos de los bocetos cercanos al diseño final:



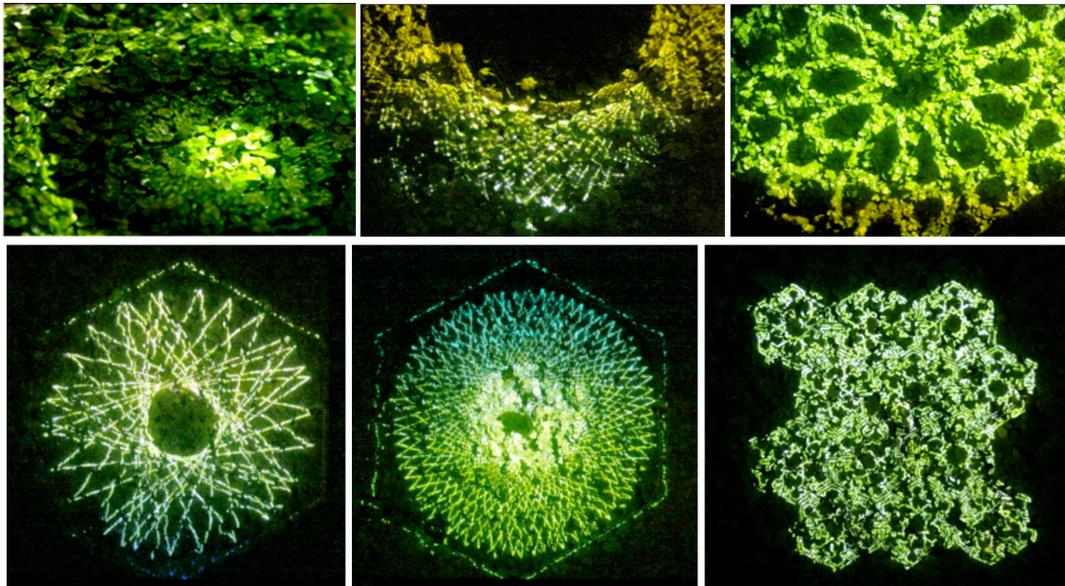
Izquierda: Contenedor con los sensores y circuitos instalados en su interior.
 Derecha: Boceto con ideas sobre maneras de montar los circuitos fuera del contenedor.



Uno de los prototipos iniciales del circuito (2013), el cual incluía un sensor de oxígeno, ubicado a la derecha.

¹⁶⁶ Musgo es una especie primitiva dentro de la rama de las especies vegetales. Esta es una de las causas de su reacción lenta y de rangos mínimos en cuanto a fijación de CO₂ y producción de oxígeno.

Respecto a los patrones gráficos, intenté llegar a una forma que fuera representativa de los fundamentos de la obra sobre geometría y naturaleza, mientras que simple y capaz de contener el carácter contemplativo de la propuesta estética. Siempre tuve en consideración las figuras caleidoscópicas, fractales e incluso los mandalas como influencia. Probé así con formas regulares, relativas al círculo, triángulo y hexágono. Las imágenes inferiores son variantes previas a la figura final proyectadas sobre el trébol (2014-15). Si bien éstas imágenes funcionaron muy bien en cuanto a la integración estética con la planta, el último gran desafío fue que éstas se autoconstruyeran a partir de un patrón fractal en el código, un punto que aún no estaba desarrollado en estas figuras. Finalmente en 2015 decanto en el hexágono y construyo el contenedor basado en esta geometría; un hexágono que se ramifica sobre su área interna.



Estudios previos a la figura definitiva, sobre la *Soleirolia Soleirolii* (2014).

5.5.2 Obras anteriores

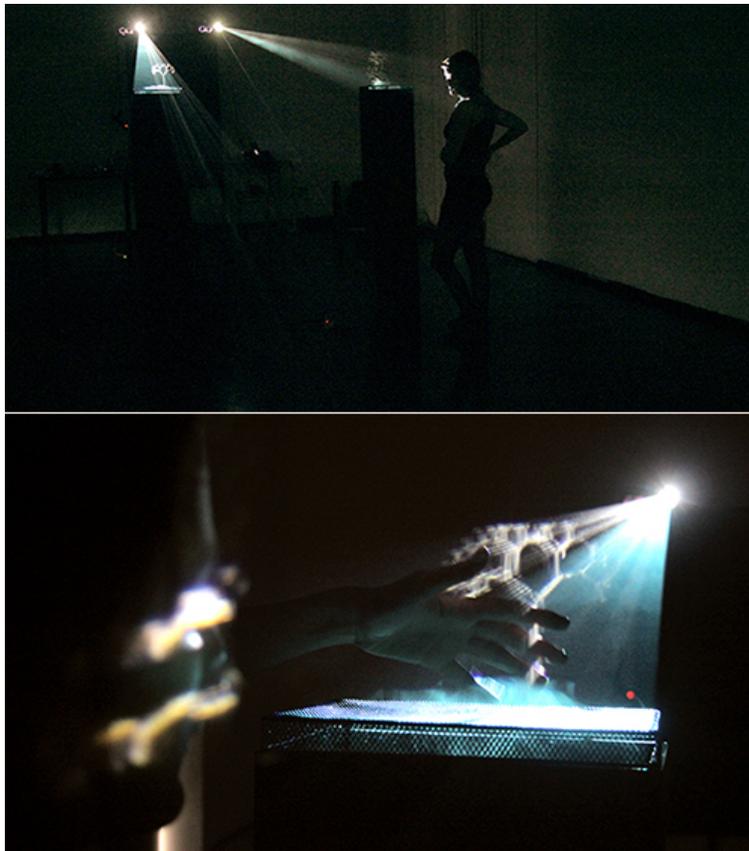
Finalmente, creo también importante referirse al proceso artístico previo a Simbiosis Meditativa, del cual puedo extraer ciertas huellas de una línea estética relacionada a éste proyecto. Algunas obras anteriores sin duda han sido un cimiento para esta tesis.

En 2007, como parte de los artistas seleccionados para exponer en el Museo de Artes Visuales, en el concurso *MAVI Arte Joven* monté la instalación titulada *Trino-Ring*, consistente de un ave viva conectada a un teléfono celular por medio de tubos de neón y cintas adhesivas fluorescentes. El ave y el celular estaban alojados dentro de cajas de acrílico transparente. La idea es una reflexión sobre el desplazamiento de los elementos naturales hacia dispositivos artificiales en la sociedad urbana actual (representados simbólicamente por el teléfono móvil), a modo de naturaleza sintética. El teléfono, siempre activo, sonaba tras períodos indeterminados al recibir llamadas. Éste contrastaba con el trinar del ave, potenciando sonoramente el concepto estético principal. El ave (jilguero, especie que habita en los campos y ciudades de Chile) puede considerarse como una alusión a una etapa pre-urbana, donde los sonidos de la naturaleza, tales como el cantar de los pájaros estaban plenamente presentes en la cotidianidad; mientras que el “ring” del celular, como un sonido típico de la vida moderna hipertecnologizada, que en cierto modo reemplaza a lo anterior.



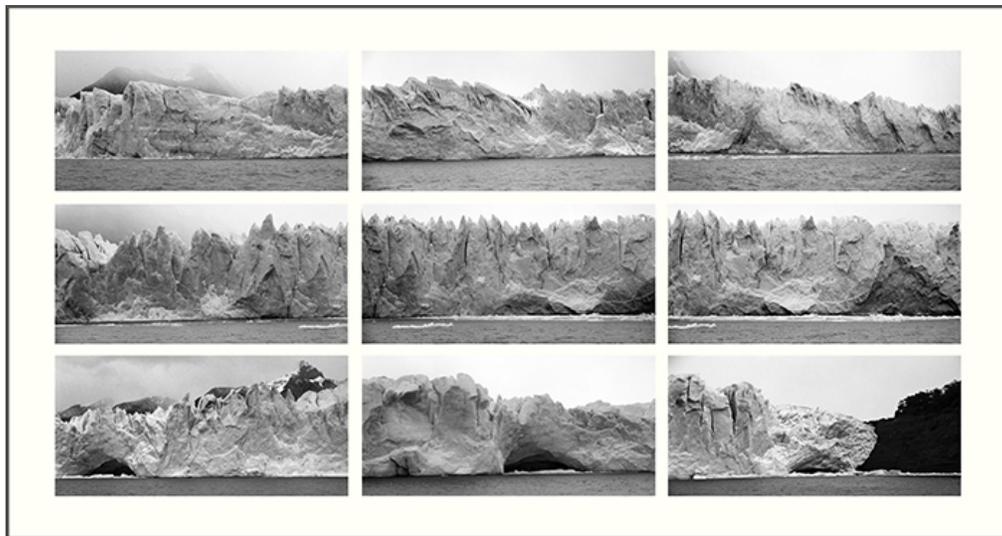
Trino-ring. 2007.

Otra obra formato instalación que sigue esta línea conceptual es *Espectro Arbóreo* (2011-12), que surgió como proyecto para uno de los ramos del magíster (Computación física) y que más tarde afiné en su funcionamiento y diseño. Básicamente la obra alude a una intersección entre espacio físico y espacio digital, por medio de la proyección de una figura arbórea en plataformas con pantallas de vapor especial (no vapor de agua). En ésta, el espectador puede interactuar físicamente con la imagen al acercarse, por ejemplo, su mano; creando una mayor o menor ramificación en la figura y potenciando la sensación de que ésta está presente, a modo de espectro digital. La obra juega con los límites perceptibles entre espacio físico y virtual, mientras que al recurrir a un árbol incursiona en la noción de naturaleza sintética. Videos de registro y más detalles pueden revisarse en el siguiente link: <http://jdlaffert.com/arboreo-esp.html>



Espectro arbóreo. 2011-12.

Un tercer caso es *Morfoaustralis* (2009-11), serie fotográfica que captura el proceso geológico de derretimiento glaciar en el campo de hielo sur, en la Patagonia chilena y argentina, lugar en el cual estuve viviendo durante 2009 y 2010. La intención aquí es documentar conceptualmente este proceso, sin expresar datos o información literal, sino más bien a construir una imagen abierta, que se conforme como obra plástica en sí misma a partir de las transformaciones del hielo en el transcurso del tiempo. Este proyecto, aún siendo puramente fotográfico, mantiene una línea discursiva en torno a un encuentro con la naturaleza y su relación directa con la acción humana, donde el factor cambio climático está presente, mientras que éste último es también producto de una era post-industrial. Es importante mencionar que *Morfoaustralis* mezcla capturas fotográficas de glaciares que crecen con otros que decrecen, donde los procesos de avance y retroceso totalmente naturales del hielo se interconectan con los que son resultado de la alteración humana a través del ya mencionado calentamiento global. Más imágenes en: <http://jdlaffert.com/morfoaustralis-esp.html>



Morfoaustralis. 2009-11.

Considerando todo lo expuesto, Simbiosis Meditativa se puede ver como la continuidad de una línea creativa basada en ciertos conceptos que reflexionan sobre la naturaleza y cómo ésta se relaciona con la sociedad contemporánea, su conformación tecnológica y sus paradigmas; mientras que también como una consecuencia de un progreso en las técnicas utilizadas para llevar a cabo una obra de arte, gracias tanto a mi experiencia personal como a los conocimientos adquiridos en el magister en Artes Mediales.

6. CONCLUSIONES

Tras esta investigación puedo establecer algunos puntos concretos respecto a las posibilidades de generar una interacción, a modo de interdependencia, entre material biológico y electrónico a través de una obra plástica.

Desde aquí quisiera enunciar las siguientes conclusiones:

La idea central a extraer es que Simbiosis Meditativa es capaz de plantearse como un sistema. Cíclico y autogenerado, pero también dependiente de la acción inicial del autor. Su funcionamiento se basa en un estado de coautoría y de una dinámica dependiente de diversos sucesos coordinados, tales como el proceso fotosintético de una planta, la captura de datos químicos por parte de un sensor, la generación de patrones gráficos en un código informático, el funcionamiento de un circuito eléctrico y la intensidad de la luz de un proyector digital. Todo esto ha logrado configurar una obra de arte que tiene su cuerpo en este sistema biológico-electrónico, y como se ha demostrado en esta tesis, puede adquirir coherencia desde algunos fundamentos del *media art*; principalmente el concepto de endoestética planteado por Peter Weibel. Más aún, la conformación de un sistema interdependiente nos permite incluso establecer una analogía estética entre esta obra y el concepto de autopoiesis de Varela y Maturana sobre la conformación mínima de “lo vivo”.

En paralelo, podemos determinar que:

Desde el plano teórico, existe una coherencia conceptual entre la geometría fractal, el arte generativo y ciertos pasajes de la historia del arte, tales como el arte islámico tradicional, lo cual puede funcionar como fundamento para Simbiosis Meditativa; pudiendo a través de ésta, establecer alusiones estéticas al orden armónico intrínseco en la naturaleza expresado en la geometría. El trabajar con figuras como el hexágono y patrones fractales en

la proyección digital son un ejemplo de esto, y en donde el eje conceptual está en la idea de *proporción*.

En este sentido, y al comparar el arte oriental tradicional con el occidental contemporáneo, es también posible hablar de conexiones latentes entre ellas, a modo de sincretismo estético, que potencian el carácter expresivo de la obra que nos convoca, la cual se inclina hacia un estado meditativo, contemplativo de percepción. El factor clave dentro de esta idea está en el concepto de la *Nada* o el *Vacío* metafísico, proveniente de la filosofía y el arte oriental tradicional, pero que también se puede presenciar de cierta manera en el arte generativo (el motor digital de este proyecto) en cuanto a la construcción de figuras “potenciales” en código informático. Recordemos que, como su título lo anuncia, Simbiosis Meditativa propone una obra que se configura a través de herramientas y métodos racionales de creación (la informática, la electrónica, instrumentos de análisis biológico) para aludir a una experiencia estética contemplativa.

Desde un plano biológico, también es importante concluir que, para que los resultados buscados por esta obra puedan obtenerse, es necesario contar con una especie vegetal de características muy puntuales; lo que cierra el círculo de posibilidades a un rango muy acotado. He registrado en esta tesina como en el proceso de investigación se realizaron pruebas con distintas especies vegetales, tales como helecho o musgo, antes de llegar al trébol compacto *Soleirolia Soleirolii*, Éste último logró cumplir con las necesidades del proyecto en cuanto a su forma, apta para integrarse estéticamente a una proyección digital sobre ella, y también en cuanto a su respuesta biológica, capaz de adaptarse y realizar fotosíntesis en un ambiente controlado que la priva de luz natural y la alimenta con luz de un proyector digital. Por supuesto que gracias a los datos medidos por el sensor de radiación fotosintética se sabe que con la luz de un proyector se puede brindar un grado de energía similar a la luz solar en sombra constante, pero al mismo tiempo es importante tener claro que la ventaja de la especie *Soleirolia Soleirolii* es que es capaz de generar fotosíntesis y crecer con estas cantidades de energía, cuestión que no es un hecho efectivo en todas las especies. En síntesis, este proyecto basa su sistema de funcionamiento en una planta que es tanto fisionómica como metabólicamente adecuada, y no podemos hablar de

“interacción entre sistema electrónico y biológico” abarcando a todas las especies vegetales.

Llevando esto último al contexto de las artes mediales, el proyecto demuestra otra posibilidad de conformar un diálogo entre ciencia y arte a través de la tecnología, lo cual también refleja un estado determinado en el que la cultura contemporánea se halla posicionada; el poder del hombre no sólo de contemplar, sino que también de manipular hasta cierto grado, la naturaleza.

Todos estos puntos permiten dar una consistencia conceptual y estética a este proyecto. El cual no ha sido fácil de definir ya que no sólo depende de una buena integración de conceptos teóricos o de un buen sentido estético en el diseño; ha sido también crucial el encontrar un método efectivo de integrar una especie vegetal a un contenedor, el poder mantenerla viva con sus procesos metabólicos aptos y a través de instrumentos con los cuales antes de este proyecto no había trabajado; tales como los sensores de CO₂ y radiación fotosintética; requiriendo un arduo y delicado proceso de prueba y error. Sin embargo, la experiencia de creación del mismo ha sido para mí un progreso significativo respecto a mis capacidades de desarrollar una obra de arte multimedial, y de proponer nuevos conceptos e ideas dentro de mi línea estética en constante formación.

7. BIBLIOGRAFÍA

Textos y papers

Eco, Umberto. *Arte y belleza en la estética medieval*. BuenosAires, Debolsillo, 2012.

Hemenway, Priya. *El código secreto. La misteriosa fórmula que rige el arte, la naturaleza y la ciencia*. Evergreen, Köln. Edic. en español LocTeam, Barcelona. 2008.

Radovic. C.C. *La teoría del Big Bang y la Perfección de la Sabiduría*. Santiago, Chile. Edit. Universitaria. 2009.

Burckhardt, Titus. *Principios y métodos del arte sagrado*. Edit. J. de Olañeta. Palma de Mayorca. 2000.

Hattstein, Markus , Delius, Peter. *Islam, Arte y Arquitectura*. Edit. Ullman. Tandem Verlag, 2004. Edic. Español 2012.

Nishida, Kitaro. *Indagación del Bien*. Edit.Gedisa. Barcelona. 1995.

Del Arco Carabias, Javier. *La Escuela Filosófica de Kioto como paradigma de una reflexión intercultural*. Esp.: Arbor/Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2004.

Speiser, Werner y von Erdberg-Costen, Eleanor. *Historia del Arte Universal- Asia Oriental*. Edic. Moreton. Bilbao. 1967.

Gombrich, E.H. *La Historia del Arte*. Edit. Phaidon. New York. 1997.

Mandelbrot, Benoit. *The fractal geometry of nature*, WH Freeman and company, New York. 1982.

Pearson, Matt. *Generative Art*. Meaning Publications. New York. 2011

Weibel, Peter. *El mundo como interfaz*. Artículo integrado a la revista *El Paseante* 27-28, y publicado en revista *Elementos*, nº 40 vol.7. 2000-2001. México.

Gianetti, Claudia. *Endo-Aesthetics. From ontological discourse to systemic argumentation*. Media Art Net, 2004.

Bec, Louis. *Prolegomenes. Ésthétique et épistémologie fabulatoire de la vie artificielle*. Artículo publicado en: *Ars Electronica 93: Genetic Art - Artificial Life* Edit. Karl Gerbel; Peter Weibel; Publ. PVS-Verleger. Linz.1993.

Varela, Francisco. *El fenómeno de la vida*. Edit. J.C. Sáez, Santiago, Chile, 2000.

Manovich, Lev. *El lenguaje de los medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Paidós, Buenos Aires, 2006

Wilson, Stephen. *Information Arts; intersection of arts, science and technology*. The MIT Press, England. 2002

Youngblood, Gene. *Expanded Cinema*. P. Dutton & Co., Inc., New York 1970

Eliasson, Olafur. *Models are real*. Editado por E. Abruzzo, E. Ellingsen y J. D. Solomon. New York. 2007.

Alonso, Rodrigo. *Elogio de la low Tech*. Artículo publicado en Burbano, Andrés & Barragán, hernando (eds). *Hipercubo/ok*. Arte, Ciencia y Tecnología en Contextos Próximos. Bogotá: Univ. de Los Andes; Goethe Institut, 2002.

Ivelich, Milan / Galaz, Gaspar. *Chile, Arte Actual*. Edic. Universitarias de Valparaíso, 1988. Reimpresión 2006. Chile.

Radiation (PAR) scope of indoor growth of Soleirolia Soleirolii. YUE Hua, College of Landscape Architecture Northeast Forestry University, Harbin 150040, China.

Alscher, Ruth / Cumming, Jonathan. *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimatation Mechanisms.* Wiley-Liss, New York, 1990.

S. Andreo, Carlos et al Rubén Vallejos. *Fotosíntesis.* Centro de estudio fotosintéticos y bioquímicos, secretaria general de la organización de los estados americanos programa regional de desarrollo científico y tecnológico, Washington, D.C, 1984.

Campos Muñoz, Daniel. *Introducción a los sistemas de Lindenmayer: fractales, autómatas celulares y aplicaciones.* Univ.Nacional Autónoma de México.2011.

Artículos en línea

Honeybee combs: how the circular cells transform into rounded hexagons (en línea). B. L. Karihaloo, K. Zhang, J. Wang. Julio de 2013. The Royal Society. (Consulta: Septiembre, 2015) Disponible en: <<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/10/86/20130299>>

Hexagon y Regular Polygon. (en línea). Weisstein, Eric W. *MathWorld*; A Wolfram Web Resource. (Consulta: Septiembre, 2015), Disponible en:

<<http://mathworld.wolfram.com/Hexagon.html>>

<<http://mathworld.wolfram.com/RegularPolygon.html>>

El copo de nieve de Sierpinsky (en línea). Laura Escobar Vega, Daniel wills. (Consulta: Noviembre, 2015). Disponible en: <temasmaticos.uniandes.edu.co/Integral_de_Honores/copo_de_nieve/copo_de_nieve.htm>

Generative Art - Case Study: Sutcliffe Pentagons (en línea). Manning, 21 Junio 2011. En Code Project. Open License (CPOL) 1.02. (Consulta: Noviembre, 2015). Disponible en: <<http://www.codeproject.com/Articles/214536/Generative-Art-Case-Study-Sutcliffe-Pentagons>>

Endo-Aesthetics (en línea). Giannetti, Claudia, 2004. (Consulta: Nov., Dic. 2015). Disponible en: <http://www.medienkunstnetz.de/themes/aesthetics_of_the_digital/endo-aesthetics/1/>

The World from Within—Endo & Nano(en línea). Ars Electronica 92, Karl Gerbel/Peter Weibel. PVS-Verleger. Linz, 1992 (Consulta: Nov. 2015). Disponible en: <<http://archive.aec.at/showmode/print/?id=12#12>>

Genetic Art - Artificial Life (en línea). Ars Electronica 93, Karl Gerbel/Peter Weibel. PVS-Verleger. Linz, 1993. (Consulta: Nov, Dic. 2015). Disponible en: <<http://archive.aec.at/showmode/print/?id=13#13>>

Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. Arnold, M y Osorio, F. 1998. Publicación del departamento de Antropología, Universidad de Chile. *Cinta de Moebio* 3: 40-49. (Consulta: Noviembre, 2015). Disponible en: <www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.htm>

How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension (en línea) Mandelbrot, Benoit (1967), Science, New Series, Vol. 156, No. 3775 pp. 636-638 Publicado por: American Association for the Advancement of Science. (Consulta: Noviembre, 2015). Disponible en: <<https://classes.soe.ucsc.edu/ams214/Winter09/foundingpapers/Mandelbrot1967.pdf>>

El padre de la geometría fractal defiende la relación entre matemáticas y arte (en línea). *El País*. Malen Ruiz de Elvira. Madrid. 26 Agosto 2006. (Consulta: Noviembre, 2015). Disponible en: <http://elpais.com/diario/2006/08/26/sociedad/1156543205_850215.html>

Damien Hirst's Shark: Nature, Capitalism and the Sublime. White, Luke. en Nigel Llewellyn y Christine Riding Tate Research Publication, Enero, 2013. (Consulta: Diciembre, 2015). Disponible en: <<https://www.tate.org.uk/art/research-publications/the-sublime/luke-white-damien-hirsts-shark-nature-capitalism-and-the-sublime-r1136828>>

What is generative art? (en línea) Boden, Margaret y Edmonds, Ernest. Research Gate, 2009. Artículo en Digital Creativity. AHRC Grant no. B/RG/AN8285/APN19307. (Consulta: Noviembre, 2015). Disponible en: <http://www.researchgate.net/publication/233128802_What_is_generative_art>

Audiovisual

Fractals and the art of roughness. Benoit Mandelbrot. TED Conference. Febrero, 2010. (Acceso en Noviembre de 2015). Recuperado de: <https://www.ted.com/talks/benoit_mandelbrot_fractals_the_art_of_roughness>

Que cien flores broten. Alfredo Jaar. Galería Gabriela Mistral. Santiago de Chile, 2006. (Acceso en Noviembre de 2015). Recup. de: <www.youtube.com/watch?v=wEWiOrf2N2s>

Zen Bullets, Matt Pearson, works. brighton, UK. (Consulta: Sept., Nov. 2015) Disponible en: <zenbullets.com/video.php>

Artistas y obras

Eduardo Kac: <<http://www.ekac.org/gfpbunny.html#gfpbunnyanchor>>
<<http://www.ekac.org/genspan.html>>

Stelarc: <<http://stelarc.org/?catID=20242>>

Louis Bec: <<http://v2.nl/archive/people/louis-bec>>

Symbiotica: <<http://www.symbiotica.uwa.edu.au/>>

Silent Barrage: <<http://silentbarrage.com/project.html>>

Ola Pherson: <http://www.olapehrson.com/work_yucca.html>

Scenocosme: <http://www.scenocosme.com/akousmaflore_en.htm>

Vida, Fundación Telefónica: <<http://vida.fundaciontelefonica.com/>>

Art+Com: <<http://artcom.de/>>

United Visual Artists: <<https://uva.co.uk/>>

Theo Jansen: <http://www.strandbeest.com/beests_storage.php/>
<<http://www.newyorker.com/magazine/2011/09/05/the-march-of-the-strandbeests>>
<www.nytimes.com/2014/11/30/magazine/theo-jansens-lumbering-life-forms-arrive-in-america.html?_r=1>
<<http://www.elmundo.es/madrid/2015/10/23/5629f0ab46163f7a468b459d.html>>

Ellsworth Kelly: <<http://www.moma.org/collection/works/37215>>

Sol Lewitt: <<http://www.metmuseum.org/exhibitions/listings/2014/sol-lewitt>>

Roman Verostko: <<http://www.verostko.com/pathway.html#first%20use%20of%20brush>>

Karl Sims: <<http://www.ntticc.or.jp/permanent/karl/>>

Ryoichi Kurokawa: <<http://www.ryoichikurokawa.com>>

Olafur Eliasson: <<http://olafureliasson.net/>>

Damien Hirst: <www.damienhirst.com/artworks/catalogue?category=23>

E. Driessens y M. Verstappen: <<http://notnot.home.xs4all.nl/tschumitulips/tulips.html>>

Gilberto Esparza: <<http://www.plantasnomadas.com/>>
<<http://now.lincoln.com/2013/05/polluted-art-gilberto-esparzas-fuel-cell-symphony/>>

Librepensante, Algas Verdes: <<http://librepensante.org/algasverdes/>>

Alfredo Jaar: <<http://galeriagm.cultura.gob.cl/exposicion/1991/06/58>>
<<http://www.alfredojaar.net/>>

Demian Schopf: <<http://galeriagm.cultura.gob.cl/exposicion/1990/02/26>>

Yto Aranda: <<http://yto.cl/espialesluminicos/>>

8. ANEXOS

8.1 Código del patrón gráfico

Algunas notas al respecto:

- . Para facilitar su lectura, el código presentado se centra en la figura hexagonal y no incluye el gráfico de los valores de CO₂ enunciados en cap. 5, pág. 91. Si desea ver el código con el gráfico incluido y en versión digital, ir a: http://jdlaffert.com/images/SM_codigo_pg.pdf
- . La comunicación entre Arduino y Processing fue generada a partir del sketch *SerialCallResponseASCII* de la librería de Arduino (versión 1.6.4). La versión utilizada de Processing es 2.2.1

```
import processing.serial.*;
Serial myPort;

FractalRoot pentagon;
float _strutFactor =0.00001;
//punto c del apartado float _strutNoise;
float a; float b; int _maxLevels = 2;

void setup() {
  background (0);
  frameRate (10); size(800, 600);
  smooth();
  _strutNoise=random(10);
  println(Serial.list());
  myPort = new Serial(this, Serial.list()[5], 9600);
  myPort.bufferUntil('\n');
  //recibe dato desde arduino
}

void draw(){
  background (0);
  // SerialCallResponse:
  String inString = myPort.readStringUntil('\n');
  if (inString != null) {
    inString = trim(inString);
    float inByte = float(inString);
    b = inByte;//punto c del apartado (dato desde el sensor de CO2)
  }
  a = b /800;
```

```

//funciones de la figura:
_strutNoise+= 0.01;
_strutFactor=(noise(_strutNoise) /a);//punto c del apartado
pentagon=new FractalRoot(frameCount);// punto b del apartado
pentagon.drawShape();
noStroke();
fill(0);
//escribir en la consola para identificar el valor de a = CO2:
  println(inString +" inST "+
    a+"a \t"+
    _strutNoise + " SN "+
    _strutFactor + " SF "+ b );
}
void serialEvent (Serial myPort) {
} //arduino
class PointObj {
  float x, y;
  PointObj(float ex, float why) {
    x = ex;
    y = why;
  }
}
class FractalRoot {
PointObj[] pointArr = new PointObj[6]; // punto a del enunciado (6
vértices para formar un hexágono)
  Branch rootBranch;
  FractalRoot(float startAngle) {
    float centX = width/2;
    float centY = height/2;
    int count = 0;
    for (int i = 0; i<360; i+=60) { // punto a del enunciado (60º para
formar un hexágono)
      float x = centX + (240 * cos(radians(i)));// para modificar el
tamaño de la imagen
      float y = centY + (240 * sin(radians(i)));// ídem
      pointArr[count] = new PointObj(x, y);
      count++;
    }
    rootBranch = new Branch(0, 0, pointArr);
  }
  void drawShape() {
    rootBranch.drawMe();
  }
}
class Branch {
  int level, num;
  PointObj[] outerPoints = {
  };
  PointObj[] midPoints = {
  };
  PointObj[] projPoints = {
  };
  Branch[] myBranches = {
  };
  Branch(int lev, int n, PointObj[]points) {
    level = lev;
    num = n;
    outerPoints = points;
  }
}

```

```

midPoints = calcMidPoints();
projPoints = calcStrutPoints();

if ((level+1)< _maxLevels) {
  Branch childBranch = new Branch(level+1, 0, projPoints);
  myBranches = (Branch[])append(myBranches, childBranch);

  for (int k=0; k<outerPoints.length; k++) {
    int nextk = (k+4)%outerPoints.length;
    PointObj[] newPoints = {
      outerPoints[k], midPoints[k], projPoints[k], projPoints[nextk],
      midPoints[nextk]};
    childBranch = new Branch(level+1, k+1, newPoints);
    myBranches = (Branch[])append(myBranches, childBranch);
  }
}

void drawMe() {
  stroke(255,250,200);
  strokeWeight(6);
  for (int i = 0; i < outerPoints.length; i++) {
    int nexti = i+1;
    if (nexti == outerPoints.length) {
      nexti = 0;
    }
    line(outerPoints[i].x, outerPoints[i].y, outerPoints[nexti].x,
        outerPoints[nexti].y);
  }
  // las líneas desde los puntos medios:
  strokeWeight(2);
  fill(255,0,0);
  for(int j=0;j<midPoints.length; j++) {
    ellipse(midPoints[j].x, midPoints[j].y, 5, 5); //la posición de los
    puntos medios en la línea base del hexagono
    line(midPoints[j].x, midPoints[j].y,projPoints[j].x,
    projPoints[j].y); // las líneas a desprender desde el punto medio ellipse
    (projPoints[j].x, projPoints[j].y, 5, 5); //el punto final de la línea
  }
  // dibuja la sub-estructura ramificada:
  for(int k=0; k<myBranches.length; k++) {
    myBranches[k].drawMe();
  }
}

PointObj[] calcMidPoints() {
  PointObj[] mpArray = new PointObj[outerPoints.length];
  for (int i = 0; i < outerPoints.length; i++) {
    int nexti = i+1;
    if (nexti == outerPoints.length) {
      nexti = 0;
    }
    PointObj thisMP = calcMidPoint(outerPoints[i],
    outerPoints[nexti]);
    mpArray[i] = thisMP;
  }
}

```

```

    return mpArray;
}
PointObj calcMidPoint(PointObj end1, PointObj end2){
    float mx, my;
    if(end1.x>end2.x) {
        mx=end2.x + ((end1.x - end2.x)/2);
    }else{
        mx=end1.x+((end2.x-end1.x)/2);
    }
    if(end1.y>end2.y){
        my=end2.y+((end1.y-end2.y)/2);
    }else{
        my=end1.y+((end2.y-end1.y)/2);
    }
    return new PointObj(mx,my);
}
PointObj[] calcStrutPoints() {
    PointObj[] strutArray = new PointObj[midPoints.length];
    for(int i=0; i< midPoints.length; i++) {
        int nexti = (i+3)%midPoints.length;
        PointObj thisSP = calcProjPoint(midPoints[i], outerPoints[nexti]);
        strutArray[i] = thisSP;
    }
    return strutArray;
}
PointObj calcProjPoint(PointObj mp, PointObj op) {
    float px, py;
    /// inicio cálculos trigonométricos para proyección de puntos medios:
    float adj,opp;
    if(op.x>mp.x){
        opp=op.x-mp.x;
    }else{
        opp=mp.x-op.x;
    }
    if(op.y>mp.y){
        adj=op.y-mp.y;
    }else{
        adj=mp.y-op.y;
    }
    if(op.x>mp.x){
        px=mp.x+(opp*_strutFactor);
    }else{
        px=mp.x-(opp*_strutFactor);
    }
    if(op.y>mp.y){
        py=mp.y+(adj*_strutFactor);
    }else{
        py=mp.y-(adj*_strutFactor);
    }
    /// fin de cálculos trig. para la proyección de los puntos medios:
    return new PointObj(px, py);
}
}
}

```

8.2 Código del módulo electrónico para control de sensores

Versión digital de este código en: http://jdlaffert.com/images/SM_codigo_sensores.pdf

```
//////////////////// variables Co2:
int co2 = 9999;
int cycleTotal = 0;
int timeSpan = 0;
int timePeriod = 0;
int analogPin = A0;
// Calibracion:
float v400ppm = 3.399;
float v40000ppm = 2.230;
float deltavs = v400ppm - v40000ppm;
float A = deltavs/(log10(400) - log10(40000));
float B = log10(400);
//////////////////// variables PAR:
float Intercept = 0;
float Slope = 430;
int ReadingNumber=0;
float Time;
//////////////////// variables Temperatura/Humedad:
int SHT_clockPin = 3;
int SHT_dataPin = 2;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(analogPin, INPUT);
}

void loop(){
  ////////////////////// Co2:
  int data = analogRead(analogPin);
  float voltage = data/204.6;
  float power = ((voltage - v400ppm)/A) + B;
  float co2ppm = pow(10,power);
  co2 = co2ppm;
  ////////////////////// PAR:
  float Count = analogRead(A1);
  float Voltage = Count / 1023 * 5.0;
  float Sensor= Intercept + Voltage * Slope;
  float Par = Sensor;
  ////////////////////// Temp./Humedad:
  float temperatura = getTemperature();
  float humedad = getHumidity();

  //////////////////////Lectura de datos:
  //Puerto serial 1 = Dioxido de carbono:
  Serial.println(co2);
  delay(1000);
  //Puerto serial 2 = Display:
  clearLCD();
  backlightOn();
  selectLineOne();
}
```

```

Serial1.print("Temperatura");
selectLineTwo();
Serial1.print(temperatura);
Serial1.print(" C");
delay(5000);
clearLCD();
backlightOn();
selectLineOne();
Serial1.print("Humedad");
selectLineTwo();
Serial1.print(humedad);
Serial1.print(" %");
delay(5000);
clearLCD();
backlightOn();
selectLineOne();
Serial1.print("Humedad");
selectLineTwo();
Serial1.print(humedad);
Serial1.print(" %");
delay(5000);
clearLCD();
backlightOn();
selectLineOne();
Serial1.print("Rad.fotosintesis");
selectLineTwo();
Serial1.print(Par);
Serial1.print(" umol m-2s-1");
delay(5000);
}

//////////Funciones Temperatura/Humedad:
float getTemperature(){
  SHT_sendCommand(B00000011, SHT_dataPin, SHT_clockPin);
  SHT_waitForResult(SHT_dataPin); int val = SHT_getData(SHT_dataPin,
  SHT_clockPin); SHT_skipCrc(SHT_dataPin, SHT_clockPin);
  return (float)val * 0.01 - 40;
}
float getHumidity(){
  SHT_sendCommand(B00000101, SHT_dataPin, SHT_clockPin);
  SHT_waitForResult(SHT_dataPin);
  int val = SHT_getData(SHT_dataPin, SHT_clockPin);
  SHT_skipCrc(SHT_dataPin, SHT_clockPin);
  return -4.0 + 0.0405 * val + -0.0000028 * val * val;
}
void SHT_sendCommand(int command, int dataPin, int clockPin){
  pinMode(dataPin, OUTPUT);
  pinMode(clockPin, OUTPUT);
  digitalWrite(dataPin, HIGH);
  digitalWrite(clockPin, HIGH);
  digitalWrite(dataPin, LOW);
  digitalWrite(clockPin, LOW);
  digitalWrite(clockPin, HIGH);
  digitalWrite(dataPin, HIGH);
  digitalWrite(clockPin, LOW);
  shiftOut(dataPin, clockPin, MSBFIRST, command);
  digitalWrite(clockPin, HIGH);
  pinMode(dataPin, INPUT);
}

```

```

    if (digitalRead(dataPin)) Serial1.println("ACK error 0");
    digitalWrite(clockPin, LOW);
    if (!digitalRead(dataPin)) Serial1.println("ACK error 1");
}
void SHT_waitForResult(int dataPin){
    pinMode(dataPin, INPUT);
    int ack;
    for (int i = 0;i < 1000; ++i){
        delay(2);
        ack = digitalRead(dataPin);
        if (ack == LOW) break;
    }
    if (ack == HIGH) Serial1.println("ACK error 2");
}
int SHT_getData(int dataPin, int clockPin){
    pinMode(dataPin, INPUT);
    pinMode(clockPin, OUTPUT);
    byte MSB = shiftIn(dataPin, clockPin, MSBFIRST);
    pinMode
(dataPin, OUTPUT);
    digitalWrite(dataPin, HIGH);
    digitalWrite(dataPin, LOW);
    digitalWrite(clockPin, HIGH);
    digitalWrite(clockPin, LOW);
    pinMode(dataPin, INPUT);
    byte LSB = shiftIn(dataPin, clockPin, MSBFIRST);
    return ((MSB << 8) | LSB);
} void SHT_skipCrc(int dataPin, int clockPin){
    pinMode(dataPin, OUTPUT);
    pinMode(clockPin, OUTPUT);
    digitalWrite(dataPin, HIGH);
    digitalWrite(clockPin, HIGH);
    digitalWrite(clockPin, LOW);
}
//////////funciones del Display:
void selectLineOne(){
    Serial1.write(0xFE);
    Serial1.write(128);
    delay(10);
}
void selectLineTwo(){
    Serial1.write(0xFE);
    Serial1.write(192);
    delay(10);
}
void clearLCD(){
    Serial1.write(0xFE);
    Serial1.write(0x01);
    delay(5);
}
void backlightOn(){
    Serial1.write(0x7C);
    Serial1.write(30);
    delay(5);
}

```