



**UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
CAMPUS GUANAJUATO
DIVISIÓN DE ARQUITECTURA ARTE Y DISEÑO**

ARTE NEURONAL

**Una aproximación al fenómeno neuronal de la experiencia estética
a través de la obra *Oraculum***

TESIS

Que para obtener el título de
Doctora en Artes

PRESENTA

Diamida Ordaz Lozano

DIRECTOR DE TESIS

Doctor Benjamín Valdivia

Guanajuato, México

Abril 2023



STOCHASTIC MIND No. 1

Imagenología paramétrica con intervención digital (2022), Antonio Isaac. Obra en que el autor plasma un periodo de tiempo de 280 minutos de contemplación de Oraculum haciendo un registro de su actividad neuronal proveniente del lóbulo frontal con lector seco transcraneal. La pieza, originalmente dinámica, se lleva a la bidimensionalidad combinando la gravitación de dicha actividad durante el periodo de contemplación fundiendo su tiempo y espacio en una mirada instantánea de esos momentos.

A X O N
Rocío Cerón

սսսլամ սլամ սսսսսսսլամ

ondas entre cuerpo y territorio bruma neuronal

tránsito entre dictado (hábito) y acecho de acto

aleatorio campo aleatorio

escarlata rojizo aire entre las huellas
velo de lino
aurora boreal en la idea

sonido abertura ulam ulam ulam

axón
reproducción audiomática reproducción sináptica acecho de acto
acecho de tránsito y dictado neuronal

sonido abertura ondas electroencefalográficas ondas
ave neuronal sinapsis o hiedras enredadas en parietal
promontorio encefálico nave de hábitos nave madre

ondas

axón

Sonido abertura Ulam Ulam Ulam

tránsito entre dictado / hábito/ y acecho de acto

aleatorio campo aleatorio

pensamiento a borde de abismos

peregrinación de símbolos e imágenes

parietal estallido en párpados habénula

habita el desencanto en la grisura de tu nombre

sonido abertura uuuulaaam ulaaaaaam ulam

campo porosidad de redes fibras lenguaje líquido en cuerpo

tiempo

acto y silencio en el hábito

reproducción neurológica. reproducción idiomática. plasticidad de sintaxis

redes campos redes símbolos reproducción sináptica

promontorio encefálico nave madre nave de hábitos ondas axón

ondas axón

ondas axón

ondas axón

sonido abertura masificación del pensamiento

gesto ruptura gesto delimitante

sonido abertura

promontorio encefálico

sonido abertura

materia plástica:::: cerebro:::: sinapsis luminosa:::: axón

delimita el hábito destruye el hábito ralentiza el gesto interior

ave neurona ave luz sinapsis o hiedras enredadas en parietal

estallido en párpados habénula

poc ue terr ti

poc ue terr t

poc ue terr ti

aleatorio campo aleatorio

sonido abertura

masificación del pensamiento

pensamiento a borde

peregrinación de símbolos e imágenes

sonido abertura

sondas abertura
bruma neuronal

tránsito entre dictado (hábito)

y acecho de acto

ondas

aleatorio campo aleatorio

sonido abertura

ondas axón

ondas axón

ondas axón

ondas axón

ondas

poc ue terr ti

poc ue terr ti

poc ue terr ti

sonido abertura

hábitos repetidos es

reproducción encefalográfica reproducción re re re re

S t r i a m e d u l l a r i s

sonido abertura

promontorio encefálico

sonido abertura

materia plástica:::: cerebro:::: sinapsis luminosa::::

axón

GRACIAS:

Alicia y Javier. Por ser quienes son. Por formarme como lo hicieron, en lo prospero y lo adverso. Por impulsar el reconstruirnos. Por apoyarme siempre a pesar de lo incomprensible que puedo ser.

Antonio Isaac. Por ser tú. Por no soltarme, aún en lo peor. Por prestarme *Oraculum*. Por ser con quien puedo hablar de lo extraordinario. Por hacerme el camino más duro pero más suave. Por el volver a crear.

Erik. Por alimentarme. Por ser artista. Por ser noble, honesto, inteligente, hábil...

Marty, Loto, R, Panda, 1z4k-13 (y todos los snhcs) los mejores compañeros de vida.

Doctor Benjamín Valdivia por guiarme y enseñarme tanto.

Doctor Javier González García por impulsar mi ingreso al doctorado y asesorarme siempre que fue posible.

Antonio Isaac, David Salinas y Rocío Cerón. Por la generosidad de realizar las obras que son el mejor inicio que pudo tener esta tesis.

Rocío Cerón y Rocío Guzman. Por la docencia y creación compartidas. Por la colaboración noble y productiva. Por ser inteligentes, fuertes, prósperas y haber estado dispuestas a aprender conmigo.

Estudiantes e instituciones que me han permitido disertar sobre *Arte Neuronal*. Principalmente la Subdirección de Estudios Interdisciplinarios del CENART.

Programa de Apoyo a la Docencia, Investigación y Difusión de las Artes/PADID y Escuela Adolfo Prieto/CONARTE. Por permitirme realizar *Hábitat Neural, Plataforma para la Investigación Neuroestética*.

Elisa y Monserrat. Por quererme y ser mis hermosas, nobles y amorosas amigas.

Alicia, Anadary, Anita, Cesar y todos los que colaboraron, acompañaron, sostuvieron y/o inspiraron este proceso; familia, amigos, buenos conocidos, maestros...

LPM Live Performers Meeting por permitirme estrenar *En Céfalo*, pieza artística alterna a esta investigación.

Enrique Olmos por aquella disección cerebral que fue profundamente inspiradora.

Gracias infinitas al Posgrado en Artes de la División de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad de Guanajuato.

INTRODUCCIÓN	9
1.BASES TEÓRICAS	20
1.1. Simplicidad y Complejidad.....	20
1.2. La necesaria relación entre campos de conocimiento	25
1.3. Neurofenomenología en el encuentro de lo objetivo y lo subjetivo.....	31
2.PROCESO FISIOLÓGICO DE LA INFORMACIÓN ESTÉTICA	50
2.1. Sistema nervioso	52
2.2. Neurona y Conexión Sináptica.....	65
2.3. Neurociencia de los Sistemas.....	72
2.4. Procesos fisiológicos de la información.....	102
2.4.1.Senso-transdu-percepción.....	102
2.4.2.Memoria y Experiencia	107
2.4.3.Abstacción, Razonamiento y Expresión.....	123
2.4.4.Construcción de la realidad, mediación de los sentidos	134
2.5. Neuroplasticidad y Neurogénesis	142
3.ARTE NEURONAL.....	150
3.1. Neurocultura.....	158
3.2. Neuroestética	197
3.3. Experiencia y Comunicación Estética.....	210
3.4. Expansión perceptual y tecnológica	219
3.5. Las obras de Arte Neuronal	232
3.5.1.Categoría de la creación	233

3.5.2.Categoría de la percepción	237
3.5.3.Obras del Arte Neuronal	242
4.ORACULUM.....	259
4.1. Anatomía de la pieza.....	260
4.1.1.El soporte material y energético	262
4.1.2.El soporte conceptual.....	264
4.2. Antecedentes e historia	265
4.3. El Creador, la Pieza y el Habitante.....	271
4.4. Oraculum y la complejidad del fenómeno neuronal	272
5.ESTUDIO DE CASO	279
5.1. Descripción de la metodología.....	281
5.2. Grupo muestra	283
5.3. Trayectoria y análisis del estudios.....	285
CONCLUSIONES	310
ANEXO.....	317
Entrevista a Antonio Isaac	317
FUENTES DE INFORMACIÓN	333

INTRODUCCIÓN

1

El *Arte Neuronal*, desde la teoría hasta la praxis, por un lado tiene que ver con el funcionamiento neuronal humano ante la creación y recepción de Arte y por otro con el devenir histórico de este fenómeno, el estado de la cuestión, el qué hemos producido e investigado los humanos y específicamente los artistas ante el encuentro entre la Neurociencia y lo estético-artístico.

Este documento trata de proveer conocimientos útiles para que el lector pueda observar y comprender el fenómeno de la relación entre la Neurociencia, la ciencia que "ha abordado en profundidad no sólo el estudio de las neuronas a título individual y de las conexiones específicas que generan, sino también del ensamblaje de los circuitos neuronales."¹, y más aún el funcionamiento fisiológico como base de las funciones superiores de la mente; y la Neuroestética², concepto que surgió al introducir un nuevo campo de estudio de la Neurociencia para establecer las bases biológicas y neurológicas de la experiencia estética, así como las bases orgánicas y funcionales que contribuyen a crearla, procesarla y entenderla.

El término *Arte Neuronal* se propone para denominar a la corriente que comprende a las obras realizadas a partir de, por un lado la conexión

¹ Blanco, 2014:127

² Se le adjudica al neurobiólogo Semir Zeki.

consciente entre el fenómeno neuronal, es decir el del funcionamiento del *sistema nervioso central* a partir de sus células fundamentales, las neuronas; y por otro la obra artística, desde la creación hasta la recepción. Las obras del *Arte Neuronal* son aquellas en que el uso de tecnología relacionada con la posibilidad de conectar, incitar y obtener información evidente del suceso neuronal dentro del cuerpo humano, es imprescindible; esto ha sucedido de modo específico con las neuronas que componen al cerebro, sin embargo hablaremos del *sistema nervioso central* en general para tener una mirada amplia que nos permita correlacionar de modo claro el fenómeno neuronal en el Arte, con el fenómeno de la mente y su relación con el procesamiento de información a partir de los sistemas sensoriales. Cabe aclarar que durante el texto se utiliza el término *neuronal* para hablar de lo relacionado con el funcionamiento específico de las neuronas y *neural* para hablar de lo que respecta al funcionamiento del *sistema nervioso* en general como conjunto de neuronas.

Durante la lectura recorreremos los temas que relatan y en ocasiones explican el fenómeno de lo neuronal en el Arte, desde un punto de vista complejo e interdisciplinar pues no se puede entender a profundidad (aunque no queda de lado) desde únicamente la simpleza y la disciplina; cuando tratamos de observarlo de este modo, es probable que lleguemos a una idea que he escuchado muchas veces a lo largo de mi investigación “la Neurociencia no explica el Arte”, lo que es verdad, no lo explica ni pretende explicarlo, pero sí aporta

conocimiento para observarlo desde este enfoque y obtener información, valiosa o irrelevante según el interés que tengamos en ella, que cuando menos sirve para completar una parte del relato.

Utilizare las palabras de Carlos Blanco (2014) citadas abajo, para hacer una analogía en la que -el Arte- "no puede tomar como dogmas irrefutables las enseñanzas de -la Neurociencia- pero tampoco relativizarlos como meros momentos provisionales...".

La filosofia no puede, por tanto, tomar como dogmas irrefutables las enseñanzas «presentes» de la biología, pero tampoco relativizarlas como meros momentos provisionales en un paradigma de «ciencia normal», destinados a experimentar una inminente revolución, dadas sus deficiencias explicativas. La filosofia tiene la responsabilidad de mantenerse en un «equilibrio inestable» entre, por un lado, la valoración de los resultados «actuales» de las ciencias biológicas como adelantos fehacientes en nuestra comprensión de la estructura y del funcionamiento de los sistemas vivos y, por otro, la aguda conciencia de sus limitaciones. Lejos de erigirse en mera espectadora de las discusiones que se producen en el seno de la biología, puede ayudar a exponer aspectos críticos que quizás beneficien a las ciencias naturales, pues estas ramas del saber no deben cerrarse ante ninguna instancia potencialmente aleccionadora, siempre y cuando lo que la filosofia plantee exhiba cierto grado de plausibilidad científica.³

¿Cómo es la relación de lo estético con el funcionamiento neural y neuronal humano? ¿Qué sucede en el cuerpo con la llamada experiencia estética? ¿Qué implicaciones ha tenido esto en el Arte?, cuestiones fundamentales que impulsaron esta investigación y encuentran en la Neurociencia una base de conocimiento para avanzar hacia posibles respuestas que, con todo y la probable imposibilidad de responderlas, me han hecho recorrer un camino en el que se han

³ Blanco, 2014:20

encontrado, la subjetividad del Arte con la objetividad de la Ciencia, siendo la Neurofenomenología un campo que ayuda para que estos dos supuestos “opuestos” se reconozcan, desde su perspectiva como metodología que vincula la Fenomenología y la Neurociencia para el estudio de la mente.

El camino que he recorrido en esta investigación, aunque tiene impulsos previos, formalmente o cuando menos claramente, comenzó en el año 2017, cuando realicé un esbozo del proyecto escénico *Cerebro*, impulsado por una simple idea: un humano diseccionando un cerebro mientras diserta sobre el amor, se trata de una investigación escénica que aborda la observación del suceso neuronal y la aproximación a un acontecimiento entre la ficción y la no ficción. Una propuesta interdisciplinaria inspirada en la experiencia estética dentro del *sistema nervioso central* humano y que sirve como generadora de experiencias sensoriales detonadas por diversos estímulos estructurados a partir de lenguajes como el literario, el escénico y el audiovisual, retroalimentados entre sí; dichas experiencias permiten relacionarse con el universo escénico propuesto.⁴

El proyecto *Cerebro* implicaba el uso de conocimiento científico sobre aquellos temas que aborda, lo que me llevó a ingresar al *Diplomado en*

⁴ El proyecto Cerebro quedó en pausa pues el ímpetu de realizarlo bien me llevó al estudio de fundamentos de neurociencia y a continuar por un camino de años que desembocó en el Doctorado en Artes para el que se escribió el presente documento. En los momentos finales de la escritura de esta tesis, he retomado en proyecto escénico que ahora se encuentra en proceso y junto con otras obras, se trata de un ejercicio personal relacionado con llevar a la creación artística lo aprendido en el camino que he recorrido en los últimos años de estudios neuroestéticos.

Neurociencia y Neuroestética impartido por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el que tuve a oportunidad de encontrarme con libros de Neurociencia dura y notar que para comprenderlos debía hacer un arduo trabajo de estudio y quasi traducción del lenguaje neurocientífico a uno mas simple. Esto se convirtió en una especie de metodología de trabajo y ahí comenzó un interesante camino de aproximación al mundo de la Neurociencia de un modo que me resultara comprensible y que he podido compartir en distintos espacios de investigación, creación y docencia. En aquel diplomado desarrollé como proyecto final, un documento de seis micro ensayos: 1. *Sensación*, 2. *Percepción*, 3. *Sistemas de los Sentidos*, 4. *Experiencia Estética*, 5. *Lo Objetivo y lo Subjetivo* y 6. *Neurofilosofía de la Apreciación*. Estos textos fueron base para la escritura en 2018 de otra serie de ensayos sobre el vínculo Arte-Neurociencia, que formaron parte del proyecto *PRINCIPIOS DE ARTES DE LA COMPLEJIDAD. Arte : Neurociencia : Biodiversidad : Realidad Virtual*, apoyado por el Fondo Nacional para la Cultura y las Artes.

De todo eso surgió mi proyecto de investigación para el Doctorado en Artes de la Universidad de Guanajuato que devino en la presente Tesis, programa al que ingresé en 2019, mismo año en que obtuve la beca del Programa de Apoyo a la Docencia, Investigación y Difusión de las Artes (PADID), con el proyecto *HÁBITAT NEURAL. Plataforma para la investigación neuroestética*, que tuvo como objetivos: 1. "aborda

algunas de las concepciones que permiten entender el vínculo entre el arte, lo estético y el funcionamiento neural humano, a partir de profundizar en las bases de la senso-transdu-percepción como inicio de los momentos del procesamiento de información sensorial, y su vínculo con el universo de lo artístico", y 2. Generar una serie de materiales didácticos sobre el tema. Este proyecto se convirtió en un magnífico espacio de experimentación que me permitió recopilar información para nutrir el desarrollo de esta tesis.

Quiero mencionar también un proyecto aparentemente indirecto pero que ya iba mostrando con claridad inquietudes que seclarificaron y tomaron sentido en esta tesis: mi investigación de maestría; que tuvo como objetivo de estudio la posibilidad de generar un entorno de predisposición positiva para el aprendizaje en edades educativas tempranas, por medio del Arte y a partir de indagar en el proceso de lo que entonces reconocía como: percepción a través de los sentidos y expresión a través del movimiento, basadas en el pensamiento consciente del yo. En aquel proyecto planteé cinco puntos a trabajar en el estudiante como enfoques fundamentales para el aprendizaje y no sólo como resultados alternos de este: autorreflexión, autoconocimiento, autoevaluación, autorregulación y responsabilidad; no trabajadas como elementos en que el humano se autocondena a ser obediente, sino desde la perspectiva en que se va convirtiendo en un ser capaz de gestionarse a sí mismo para vivir procesos formativos, escolarizados o no, lo más nobles y eficientes posible. Este proyecto

ahora es un texto guardado en un estante de alguna biblioteca, pero logré llevar algunos de sus fundamentos a los *Programas de Artes para Primaria y Secundaria* de la Secretaría de Educación Pública de 2017, al formar parte del equipo que hizo la reforma educativa de ese año, misma que los movimientos políticos del país han colocado en otro estante, sin embargo en estos programas se pudieron incluir algunas cosas que afortunadamente prevalecen para 2022, entre ellas: colocar al *Pensamiento Artístico* como eje de la educación en Artes, con el propósito de “Consolidar un pensamiento artístico al profundizar en los procesos de percepción, sensorialidad, imaginación, creatividad y comunicación, reconociendo las conexiones entre ellos”⁵. Esta idea aún no estaba desarrollada desde una perspectiva neuroestética clara, pero ahora tengo la certeza de que, como mencioné antes, ya mostraba importante tendencia a incluirla.

Debo dedicar tiempo también a mencionar uno de los impulsos más importantes que he tenido: mi cuerpo y su necesidad de conocerse, reconocerse, reconfigurarse, moverse constantemente en su simpleza y su complejidad, en su ser disciplinar y también multi, ínter, transdisciplinar; su ser al mismo tiempo igual y diferente a otros seres humanos; sus necias y muchas veces inútiles ganas de no quedarse sin saber.

⁵ SEP, 2017:284

La presente tesis, que implica la relación compleja entre conocimientos de distintas disciplinas, se encuentra fragmentada en las partes que para mí fueron necesarias para comprender y estudiar los temas que aborda; es decir, seguí una estructura que fue lógica en mi mente, pensando que puede funcionar del mismo modo en la del lector. Sin embargo, a la usanza de lo que ya es un cliché literario, recomiendo que cada persona aborde los capítulos del modo en que requiera hacerlo, yendo y viniendo entre ellos como le sea pertinente.

En el primer capítulo hablo de las *bases teóricas* que nos permiten, tal vez, colocarnos en el estado mental adecuado para adentrarnos en el tema. La simpleza y la complejidad, así como de formas de relación entre campos de conocimiento desde lo disciplinar, lo interdisciplinar y lo transdisciplinar, para comprender de modo consistente, el fenómeno del vínculo entre lo neuronal y lo artístico. Y por otro lado la Neurofenomenología como la metodología que retoma los fundamentos de la Fenomenología para provocar el encuentro entre la Ciencia Cognitiva y un método de investigación de la experiencia humana que trata de observar tanto lo subjetivo como lo objetivo.

En un segundo capítulo expongo las *bases fisiológicas* que fundamentan el tema, descritas por medio de un metódico proceso del estudio de libros de Neurociencia dura para llevar su información a una descripción simplificada, necesaria para lectores no especializados en el lenguaje neurocientífico, logrando conectar un cúmulo de

conocimientos fragmentados desde la observación simple pero absolutamente correlacionados, entre sí y con conocimientos de otros campos de saber, desde la complejidad del ser humano. A lo largo de los años en que he estudiado el tema, noté que había pocos documentos completos que describan de modo simple el funcionamiento detallado del *sistema nervioso central*, sobretodo enfocados en Estética y Arte, así que decidí realizar este capítulo para que los lectores no tengan que ir a indagar en documentos parciales y/o complicados para entender el tema, si lo hacen que sea por interés no por falta de información de esta tesis como un todo en sí misma. Estas *bases fisiológicas* se presentan desde un punto de vista neurocientífico pero también desde la perspectiva de la Neuroestética, que las observa como fenómeno relacionado con la senso-transdu-percepción y un poco más allá, con el Arte. Hace parte de este capítulo un análisis de los momentos por los que pasa la información en el ser humano, desde que se interna en el cuerpo a través de las células receptoras de los sistemas sensoriales, hasta la conformación de la misma en fenómenos expresivos que el humano estructura para colocar en el mundo perceptible fuera de sí mismo, con enfoque en la creación artística. También se considera la idea de la expansión perceptual de los seres humanos a partir del uso de la Tecnología y lo que esto tiene que ver con el *Arte Neuronal* y finalmente se abordan fundamentos de la neuroplasticidad y la neurogénesis, tema que queda abierto como línea de investigación futura relacionada con estas capacidades como resultado de la experiencia artística.

El tercer capítulo, *Arte Neuronal*, está dedicado a exponer el concepto, de dónde surge, en qué momento nos encontramos respectó a él, por qué lo propongo como corriente del Arte y por qué lo utilizo como fundamento desde el cuál analizar los procesos artísticos que relacionan al Arte y ciertos elementos de la Neurociencia y la Neuroestética. Como parte de este capítulo presento los conceptos de Neurocultura y Neuroestética con un breve estado de la cuestión de cómo ha sido el devenir en el tiempo del interés de los humanos por el conocimiento neuronal y neural. También abordo la relación entre la experiencia estética y la comunicación estética y su relevancia como fenómenos desde el punto de vista del *Arte Neuronal*, sumado al uso de la tecnología. Y finalmente realizo un análisis de las características de las obras del *Arte Neuronal*, de los objetos de arte en la neurocultura, con las consideraciones pertinentes desde las categorías de la creación y la recepción; además de una relación de obras de distintos y distantes lugares del mundo y épocas, que podemos colocar en esta corriente.

El cuarto capítulo trata sobre la obra *Oraculum*, pieza transdisciplinaria del artista Antonio Isaac, que cuenta con relevante trayectoria internacional y que comenzó a existir en 2006. Al trabajar, entre otras cosas, con biosensores y principios neuronales, cuenta con las cualidades necesarias para convertirse en una plataforma de experimentación y de obtención de información que sustenta esta

investigación mas allá de la teoría. Se describe su historia, los datos relevantes del creador, los elementos que la convierten en dicha plataforma de investigación y su relación con la complejidad neurofenomenológica.

El último capítulo relata un estudio de caso de un grupo de personas con las que se llevaron una cabo sesiones en *Oraculum*, en las que se hizo monitoreo de su movimiento neuronal a través de un sistema de interfaz cerebro-computadora y cuyo objetivo principal fue el uso y conocimiento de la tecnología indicada para obtener evidencia del funcionamiento neuronal. En esta sección se describe la metodología utilizada, el grupo muestra, lo que sucedió durante la trayectoria del estudio y un acercamiento al análisis de las evidencias recopiladas, asunto que se menciona por la relevancia para este documento pero que queda en puntos suspensivos para investigaciones y procesos creativos futuros.

Finalmente, se presentan las conclusiones, las fuentes de información, un glosario y material anexo del estudio de caso y el proceso que ha seguido esta investigación.

1. BASES TEÓRICAS

Para adentrarnos en el universo del vínculo entre la Neurociencia y el Arte, hay algunos paradigmas de pensamiento que nos permiten colocar la mente en estados adecuados para comprender que el tema requiere tanto del punto de vista simple como del complejo, de la visión disciplinar como la inter y transdisciplinar. De no hacerlo así podemos caer en negar que el tema es relevante para el Arte, o en un cúmulo de conocimientos que nos pueden ahogar, saturar o hacernos perder el interés. Es un tema que requiere paciencia, que nos pide desde su naturaleza interdisciplinaria: adentrarnos en territorio de la incertidumbre, comprensión de relaciones extrañas, reconocer que a veces hay distintos caminos para llegar a un lugar, que a veces se agotan las formas de construcción de discursos y hay que crear o aprender nuevas, que se requiere de conocimientos de varias disciplinas y de sus distintos niveles de relación, de expansión, de salir de las fronteras yendo y viniendo entre los campos de saber; de reconocer lógicas como la del principio del tercero incluido de Stéphane Lupasco (1900–1988), en la que, contraviniendo la lógica formal, el *es* y el *no es* coexisten, son al mismo tiempo y conforman juntos una visión profunda de la realidad; de ir más allá de nuestros propios límites para encontrarnos con lo que aún no conocemos.

1.1. Simplicidad y Complejidad

Es evidente que la realidad no es solamente simple, que no se trata de

unidades con pocas y claras cualidades sin relacionan entre sí, por el contrario es un entramado de sistemas, individuos, cosas “simples” que se relacionan, retroalimentan, modifican, complejizan... Las formas de comportamiento del universo, así en plural, son a veces opuestas pero no necesariamente excluyentes o sin relación entre ellas.

El estudio sobre el funcionamiento neuronal y neural, y su relación con el arte, requiere de momentos donde la mente de quien reflexiona se coloca desde el punto de vista de la simplicidad, otros desde el de la complejidad y en ocasiones desde los dos en relación fluida y cambiante. La comprensión de muchos fenómenos no reside en la simplicidad o en la complejidad sino en su interacción y esto es aplicable a otros conceptos: cosmos-caos, orden-desorden, vida-muerte, estabilidad-inestabilidad...; los opuestos inseparables. Los fenómenos contradictorios observados desde la complejidad son razonables pero desde la simplicidad son paradójicos, es por ello que requerimos de la apertura mental a los dos puntos de vista, a que entren en juego cuando es necesario. Por ejemplo, si pienso en los neurotransmisores como sustancias químicas, requiero tal vez de una mirada simple para reconocer su composición y funcionamiento determinado e invariable en cualquier cuerpo en el que existan; pero cuando los reflexiono en relación al comportamiento humano, notaré que devienen en diferentes conductas entre individuos, en función a: en qué cantidad, bajo qué circunstancias, el cómo se producen y asimilan estas sustancias en cada cuerpo; al observar el fenómeno de

neurotransmisión de este modo es claro que el análisis pertenece al ámbito de la complejidad, es decir, el neurotransmisor por sí mismo y su análisis químico es la visión simple, versus, su acción en la conducta del individuo sólo puede ser observada desde una visión compleja.

Edgar Morin dice que “(...) La *Complejidad* aparece allí donde el pensamiento simplificador falla, pero integra en sí misma todo aquello que pone orden, claridad, distinción, precisión en el conocimiento”⁶. Personalmente no usaría la palabra “fallar” para el *pensamiento simplificador*, pero es verdad que no siempre es adecuado o suficiente. Estas dos formas de aproximarse a comprender algo se nutren y danzan permitiendo que una u otra, o las dos al mismo tiempo, aparezcan cuando es necesario.

La *simplicidad*, lo que es sencillo y no complejo, nos permite acercarnos de forma más noble al universo y a veces, sin ella, no nos aproximaríamos. Luego, es común utilizar la palabra *complejo* cuando estamos ante algo que rebasa nuestras posibilidades de asimilación, comprensión y/o explicación, sin embargo, cuando analizamos lo que implica la *complejidad* nos damos cuenta que no sólo se trata de lo que no podemos comprender sino también de las cualidades y cualidades que lo componen, se trata a veces de lo que es mucho más de lo que somos capaces de comprender, no únicamente por ignorancia cultural,

⁶ Morin, 1994:11

sino por condicionamiento biológico humano con los límites que esto implica; los sistemas sensoriales por ejemplo, son nuestra forma de percibir el mundo pero al mismo tiempo no tienen las cualidades que nos permitan percibir todo lo que existe.

A primera vista la complejidad es un tejido (*complexus*: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Al mirar con más atención, la complejidad es, efectivamente, el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico. Así es que la complejidad se presenta con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre (...). Pero tales operaciones, necesarias para la inteligibilidad, corren el riesgo de producir ceguera si eliminan a los otros caracteres de lo complejo; y, efectivamente, como ya lo he indicado, nos han vuelto ciegos.⁷

La *complejidad* trata de entender el *todo* como *todo*, cuando menos experimentarlo. El Arte, ya sea como actividad creativa, receptiva, didáctica; como disciplina, como lenguaje, como forma de aproximación estética al universo, como actividad quasi sublime... se convierte en otro de los elementos de la *complejidad*.

El desarrollo de la complejidad es particularmente notorio en las artes. Por una interesante coincidencia, el arte abstracto aparece al mismo tiempo que la mecánica cuántica. Pero, después, un desarrollo cada vez más caótico parece presidir búsquedas cada vez más formales. Apartando algunas excepciones notables, el sentido se desvanece en beneficio de la forma. El rostro humano, tan bello en el arte del Renacimiento, se descompone cada vez más hasta su desaparición total en lo absurdo y lo feo. Un arte nuevo –el arte electrónico- surge para reemplazar gradualmente la obra estética por el acto estético.⁸

Edgar Morin propone tres principios para pensar la complejidad: 1) el

⁷ Morin, 1994:10

⁸ Nicolescu, 2002:30

principio dialógico, en el que dialogan dos lógicas que necesitan coexistir pero al mismo tiempo son antagónicas. 2) el principio de recursividad organizacional, en el que las cosas son al mismo tiempo producto y productoras de sí mismas, donde “los productos y los efectos son, al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce.”⁹. 3) el principio hologramático:

En un holograma físico, el menor punto de la imagen del holograma contiene la casi totalidad de la información del objeto representado. No solamente la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte (...). La idea, entonces, del holograma, trasciende al reduccionismo que no ve más que las partes, y al holismo que no ve más que el todo.¹⁰

Observando estos principios podremos comprender que la *complejidad* no elimina la *simplicidad*, que la arropa y la considera como parte de sí. Niclescu (2002) nos dice que desde el siglo XX “la complejidad se instala por todas partes, horrorosa, aterradora, obscena, fascinante, invasora, como un reto a nuestra propia existencia y a su sentido”; vivimos en una época de reconocimiento de la complejidad pero en la que los humanos, aunque estamos fisiológicamente y mentalmente preparados para vivirla, presentamos resistencia para asimilarla; la observamos, la aceptamos como parte del todo, sabemos que desarrolla nuestra neuroplasticidad de modo contundente, pero nos resulta incomoda al exigirnos esfuerzos energéticos importantes, incómoda pero fascinante. Cuando estamos ante algo complejo es probable que nos sintamos abrumados, rebasados pero, tal vez, en un

⁹ Morin, 1997:67

¹⁰ Morin, 1994:68

intento de relación noble, bastaría con aceptarla como parte de la naturaleza, de la vida.

1.2. La necesaria relación entre campos de conocimiento

En este intento de que la mente esté en disposición para adentrarse en el tema que nos compete, hemos de dar su lugar a las distintas formas de relación y no relación de los campos de conocimiento que nos ayudan a colocarnos ahí: lo *disciplinar*, lo *interdisciplinar* y lo *transdisciplinar*. Aunque podemos sentir que estamos ante una petición de aproximación demandante en cuanto a los puntos de vista requeridos, resulta absolutamente necesario reconocer que todos ellos son relevantes en algún momento de la aproximación a comprender el *Arte Neuronal*.

Interesa a esta tesis impulsar la apertura de pensamiento ante estas posibilidades de relación, que se comportan de modo distinto y que, cuando tendemos a la preferencia, consiente o inconsciente, por alguna de ellas, puede ser difícil enfrentarse con las otras pues cada una exige ciertos modos de comportamiento y altos grados flexibilidad.

Ha tenido que existir una historia donde los campos de saber surgen, se consolidan y/o se colocan en el reflector, se relacionan entre ellos; la Neurociencia ha surgido arropada por la Química, la Biología, la Medicina, la Tecnología, la Física, las Matemáticas, incluso la Filosofía o la Estética; se ha nutrido del desarrollo histórico de todas

ellas, en su perspectiva *disciplinar* y en la de la complejidad que construyen en conjunto, hablamos pues de una larga historia de siglos y personajes que apenas podemos vislumbrar en este texto. El estudio de algo tan "reducido" como lo neuronal, requiere de varios conocimientos y de la disposición a reconocerlos con apertura hacia los distintos modos en que se presentan, comportan, surgen... Las estructuras de la Neurona y del *sistema nervioso central*, como el gran sistema que conforman, hoy pueden ser observadas con relativa facilidad, pero el problema de la Neurociencia es que está ligada a la mente; en la actualidad es relativamente fácil saber dónde se encuentran los sistemas sensoriales y cómo funcionan fisiológicamente, pero no es tan fácil saber lo que ellos implican en términos de pensamiento, razonamiento, de la profunda subjetividad de una persona, de soñar, de sentir, etcétera.

Lo *disciplinar* es un campo que agrupa todo lo relacionado con una forma de percibir el mundo, a partir de utilizar lógicas y materiales específicos que permiten obtener conocimiento proporcional a esa especificidad. Es la división del conocimiento en campos de saber, que permite controlar de mejor modo la adquisición de éste y evita el riesgo de perderse en su inmensidad y caer en ambigüedad (este es un riesgo alto que asumió esta investigación doctoral y ha sido uno de los más grandes desafíos para redactar esta tesis). La mirada disciplinar ha sido necesaria pues el universo es enorme (en amplio y general sentido) en comparación con el tamaño humano (como especie y como

individuo); lo *disciplinar* nos ha permitido coexistir con todo lo demás que existe.

La *disciplina* es relevante en muchas circunstancias y no deberíamos perderla de vista ni menospreciarla (a veces he percibido esto en ciertos círculos académicos); sin embargo el universo y el humano no siempre funcionamos a partir de lo *disciplinar*, funcionamos a partir de la complejidad de las distintas formas de agrupación del saber en las que las disciplinas: se tocan, se complementan, se comparten información, se traspasan, a veces se fusionan de modo absoluto desdibujando los límites entre unas y otras.

Peraza, Cherry y Castro¹¹ nos hablan de ciertos puntos básicos que nos permiten definir el grado de *aproximación disciplinar*. En cuanto a lo multidisciplinar: “1)Conclusiones diferenciables por disciplina, 2)Sin interconexión, 3)Objetivos diferenciables por disciplina, 4)Muchas disciplinas, 5)Abordan el mismo objeto de estudio, 6)Sobrepasa las disciplinas bajo un marco disciplinar”.

La multidisciplinariedad es el nivel básico de integración. Esta implica el estudio de un tema (objeto de estudio) por varias disciplinas, pero sin interconexión alguna o relación aparente entre ellas. Cuando se aplica esta modalidad al área de investigación, nos encontramos con equipos multidisciplinarios de investigadores, los cuales realizan sus trabajos de análisis en forma separada desde sus respectivas disciplinas, pero durante el proceso no hay interacción, aunque sí ocurre un periodo de planificación y de negociación inicial.¹²

¹¹ Peraza, Cherry & Castro, 2011:23

¹² Peraza, Cherry & Castro, 2011:22

En cuanto a los transdisciplinar que “Concierne, como lo indica el prefijo "trans", a lo que simultáneamente es (aquellos que están a la vez) entre las disciplinas, a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina.”¹³, hablan de: 1)Entra un nuevo actor en la discusión y en la investigación-Sujeto (Comunidad o estudiantes,...), 2)Colaboran, planifican y combinan, 3)Negociación, 4)Interacción y conexión, 5)Objetivos, métodos y conclusiones comunes (Consenso), 6)Trabajo en equipo, 7)Finalidad:comprensión de mundo presente, 8)Sobrepasa las disciplinas, 9)Abordan el mismo objeto de estudio, 10)Enfocados en resolver un problema, 11)Muchas disciplinas.

En cuanto a lo interdisciplinar: “1)Colaboran, planifican y combinan, 2)Negociación, 3)Interacción y conexión, 4)Objetivos, métodos y conclusiones comunes (Consenso), 5)Trabajo en equipo, 6)Sobrepasa las disciplinas, 7)Abordan el mismo objeto de estudio, 8)Enfocados a resolver un problema, 9)Muchas disciplinas”¹⁴. En la *interdisciplina* se requiere de movilidad de las disciplinas, las fronteras se traspasan y aunque podemos reconocerlas aún, normalmente es un territorio en que las disciplinas se colocan a disposición de un objetivo común y por ende se vuelven flexibles, en sí mismas y en su relación con lo otro. La *interdisciplina* requiere de altos grados de disposición a la flexibilidad, la movilidad, el caos, la incertidumbre, el abandono de certezas; es un territorio que nos vuelve vulnerables y nos pide ceder

¹³ Peraza, Cherry & Castro, 2011:27-28

¹⁴ Peraza, Cherry & Castro, 2011:25

constantemente. La Neurociencia moderna surgió de un ejercicio *interdisciplinar* en que científicos de distintos campos de saber se reunieron para disertar sobre la base cerebral de la mente.

Algunos autores sitúan el nacimiento de las neurociencias modernas en 1962, año en que se creó el «Neuroscience Research Program» (NRP) en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. En este acontecimiento desempeñó un papel fundamental la labor de Francis O. Schmitt (1903-1985), quien reunió a científicos interesados en comprender la base cerebral del comportamiento y de las facultades superiores de la mente.¹⁵

Físicos, químicos, biólogos, neurólogos, médicos, filósofos, entre otros, pusieron sus conocimientos y perspectiva a disposición del estudio de la mente realizando lo que es probablemente uno de los procesos interdisciplinares más relevantes y fructíferos de la historia. La Neurociencia es, por fundamento, un campo de conocimiento con alta disposición a relacionarse de modo profundo con otras disciplinas, al basarse en el estudio del funcionamiento neuronal se coloca como fundamento aplicable a las distintas formas de ser y hacer del humano. Esta naturaleza de la Neurociencia es probablemente la que la ha llevado a vínculos que han detonado campos como la Neuroanatomía, Neurofisiología, Neurofilosofía o el *Arte Neuronal*. Parecería que estamos en el universo de neurotodo, pero es innegable que la comprensión del funcionamiento neuronal, al contarnos parte del relato de la mente, nos ayuda a comprenderla en su relación con las otras disciplinas. Aquí es donde la Neurociencia se vuelve relevante para el Arte, no desde la mirada reduccionista que pretende que ésta lo

¹⁵ Blanco, 2014:128

explique, sino desde la mirada que la observa como un camino para aproximarse a comprender una parte de la relación del ser humano con el Arte.

Pueden distinguirse tres grados de interdisciplinariedad: a) un grado de aplicación. Por ejemplo, los métodos de la física nuclear transferidos a la medicina conducen a la aparición de nuevos tratamientos del cáncer; b) un grado epistemológico. Por ejemplo, la transferencia de los métodos de la lógica formal en el campo del derecho genera análisis interesantes en la epistemología del derecho; c) un grado de engendramiento de nuevas disciplinas. Por ejemplo, la transferencia de métodos (...) de la informática en el arte -el arte informático-.¹⁶

Por su parte la *transdisciplina* es un lugar altamente complejo que nos interesa en tanto lo que Basarab Nicolescu en su *Manifiesto a la Transdisciplinariedad* (2002), nos dice sobre la acumulación de conocimiento por parte de la humanidad, las disciplinas han generado tanto que se vuelve quasi imposible asimilarlo e integrarlo al propio ser, nos dice que “El crecimiento sin precedente de saberes en nuestra época hace legítima la interrogante de la posibilidad de adaptación de las mentalidades a esos saberes.”¹⁷ Así encuentra que para el pensamiento clásico hay sólo dos caminos: La *revolución social*, que ya se ha experimentado con resultados catastróficos; y el volver a una *edad dorada*, que no se ha experimentado porque no se ha podido llegar a ella. Sin embargo para un pensamiento que sale de lo clásico, la *transdisciplina* se erige como otro camino, dados sus tres pilares: el interés “por la dinámica engendrada por la acción de varios niveles de

¹⁶ Nicolescu, 2002:35

¹⁷ Nicolescu, 2002:32

*realidad a la vez*¹⁸, el principio del tercero incluido y la complejidad.

Aparecido hace tres décadas, casi simultáneamente, en los trabajos de investigadores tan diversos como Jean Piaget, Edgar Morin, Eric Jantsch y algunos otros, ese término fue inventado en su momento para expresar, sobretodo en el campo de la enseñanza, la necesidad de una feliz transgresión de las fronteras entre las disciplinas, de una superación de la pluri y de la interdisciplinariedad.¹⁹

En 2020 durante la mesa de reflexión *De la interdisciplina a la transdisciplina: Retos actuales*, en la que tuve el honor de conversar junto a la poeta Rocío Cerón y el artista Aldo Cordova en el marco del 10º aniversario de la Escuela Adolfo Prieto de CONARTE; Aldo lanzó algunas ideas importantes sobre formas de agrupación disciplinar como la *interdisciplina* y la *transdisciplina*, decía que estas “implican el agotamiento de las formas comunes de construcción de discursos”, el agotamiento “de la investigación de singularidades” y que “requieren de hacer a un lado el yo como objeto de enunciación”. Estas formas de ser y hacer en el mundo nos piden expandirnos, permitirnos vivir la incertidumbre, salir de nuestras fronteras de pensamiento, de cuerpo..., entrar en el pensamiento complejo, reconocer más las realidades, ser y no ser al mismo tiempo.

1.3. Neurofenomenología en el encuentro de lo objetivo y lo subjetivo

El neurobiólogo chileno Francisco Varela parece haber tenido siempre presente que el motivo por el cual él y muchos otros estudiosos nos hemos adentrado en el funcionamiento del *sistema nervioso* es para

¹⁸ Niclescu, 2002:36

¹⁹ Niclescu, 2002:3

comprender el funcionamiento de la mente, sus funciones superiores o ejecutivas²⁰ y en ocasiones la relación de esto con otras actividades, como el Arte. La mayoría del trabajo de Varela sucedió en Francia, siendo director de investigaciones del Centro Nacional de Investigaciones Científicas, director del Laboratorio de Neurociencias Cognitivas en el Hospital de la Universidad de la Salpêtrière y académico de la Escuela Politécnica de Paris. Es allí donde realizó el programa de investigación en *Neurofenomenología* definido como “un programa de investigación que busca articulaciones mediante limitaciones mutuas entre el campo de los fenómenos revelado por la experiencia y el campo correlativo de fenómenos establecido por la Ciencia Cognitiva”²¹. Varela propuso un método para investigar la conciencia a partir de observar, desde la Fenomenología, la correlación entre la Neurofisiología y la experiencia consciente del cerebro como base de la mente²². La Neurofenomenología puede ser reconocida como:

(...) un método que, además de los aspectos neurológicos, estudiados de una forma científica, objetiva, tiene en cuenta de un modo esencial el examen de la experiencia llevado a cabo por medio de métodos de primera persona (...). El corazón de dicho método fenomenológico, inaugurado por Husserl y con muchos aspectos en común con el pragmatismo de William James, según el pensador chileno, es la reducción fenomenológica, que consiste en “una suspensión repentina, transitoria de las creencias sobre lo que está siendo examinado, un poner en suspenso nuestro discurso habitual sobre algo (...)”²³

²⁰ "Las funciones ejecutivas se han definido, de forma genérica, como procesos que asocian ideas simples y las combinan hacia la resolución de problemas de alta complejidad. (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:475)"

²¹ Varela, 2000:260

²² Muchos investigadores han hablado del estudios de específicamente el cerebro, pero no debemos perder de vista que el funcionamiento cerebral está correlacionado con el del *sistema nervioso* en general.

²³ Guerrero, 2012:274

La Fenomenología, sin lo neuro, “hace referencia a una tradición de Filosofía originada en Europa e incluye la obra de Husserl, Heidegger, Merleau-Ponty, Sartre y otros pensadores más recientes”²⁴ y está basada en reflexionar la mente desde su experiencia no desde conocimientos biológicos, fisiológicos, etcétera. La Fenomenología no trata de buscar explicaciones a partir de teorías o conocimientos externos al fenómeno sino desde la observación del fenómeno mismo. Gallagher y Zahavi²⁵ dicen que la mayoría de los textos de Filosofía de la Mente y Ciencia Cognitiva se basan en “posiciones metafísicas: dualismo, materialismo, teoría de la identidad, funcionalismo, eliminativismo, etc.”, lo que podría hacernos pensar que debemos comprometernos con alguno de estos pensamientos antes si quiera de saber de qué estamos hablando.

La fenomenología deja de lado este tipo de cuestiones, las pone entre paréntesis o en fuera de juego y nos pide en cambio prestar atención al fenómenos estudiado. Una de las ideas básicas de la fenomenología es que la preocupación por estos asuntos metafísicos tiende a degenerar hacia discusiones altamente técnicas y abstractas que pierden contacto con el tema real: *la experiencia*. No es una coincidencia que las máxima de Edmund Husserl para la fenomenología fuera <<¡volvamos a las cosas mismas!>>²⁶.

Ante las interrogantes sobre la mente: ¿qué es? ¿dónde está? ¿cómo funciona?, entre otras, después de siglos de discusiones filosóficas y de indagaciones científicas cada vez más sofisticadas gracias a los

²⁴ Gallagher y Zahavi, 2013:22

²⁵ Gallagher y Zahavi, 2013:22

²⁶ Husserl, 1950/1964:6

avances de la Tecnología. Entre muchas disciplinas la Fenomenología se coloca como parte de esos debates, a pesar de que tiene muchos detractores pues al vincularse con el mundo material y tratar de ir más allá del filosofar, las cosas no parecen tan fáciles, ni concretas ni universales, como sí lo parecen en idea y pensamiento.

En esta organización de disciplinas cognitivas, la fenomenología, definida como el enfoque filosófico específico, fue apartada y generalmente considerada irrelevante. Por mucho tiempo la única voz solitaria que insistió en su relevancia para cuestiones pertenecientes al campo de la inteligencia artificial y las ciencias cognitivas fue Hubert Dreyfus (1967, 1972, 1992).²⁷

Entendamos a la *Neurofenomenología* en torno a esta tesis, no como el pensamiento que nos va a explicar cada parte de este documento, hay partes en él donde la aproximación no es ni de cerca neurofenomenológica sino fisiológica, biológica, funcional, etcétera. La relevancia de la *Neurofenomenología* radica en su calidad de considerar tanto *lo objetivo* como *lo subjetivo*, de reconocer como información válida para el estudio de la mente aquello que proviene de lugares de conocimiento desde los que no podemos obtener evidencia tangible. Se trata de una de esas disciplinas que son cuestionables pues en parte trabajan con lo que no podemos percibir, pero detonan una importante derrama de conocimiento y avances al arriesgarse a ir a lo incierto. Gallagher y Zahavi (2013:29) nos dan un ejemplo sobre la percepción en el que si nos asomáramos por la ventana y viéramos nuestro auto estacionado en la calle, tenemos una percepción visual, a

²⁷ Gallagher y Zahavi, 2013:21

partir de ellos nos dicen:

A un psicólogo experimental le gustaría proporcionar una explicación causal de cómo funciona la percepción visual, quizás en términos de procesos retinianos, activación neuronal en el córtex visual y las áreas de asociación en el cerebro que me permiten reconocer el coche como el mío (...). El fenomenólogo, en cambio, tiene una tarea diferente. Empezaría por la experiencia misma y por medio de una descripción cuidadosa de esta experiencia procuraría decir cómo es la experiencia perceptiva, qué diferencia hay entre la percepción y, por ejemplo, una instancia de la imaginación o del recuerdo y cómo esta percepción está estructurada de tal modo que da lugar a una experiencia significativa del mundo.²⁸

Negar la necesidad humana de explicar a partir de la subjetividad, lo que sea que queramos explicarnos, es negar una parte del ser; considerarla y encontrar en ella otras partes del rompecabezas, partes que el método científico no puede abarcar, es tener una visión más completa de lo que es ser humano. Gallagher y Zahavi²⁹ mencionan que han sido tres situaciones las que han reavivado la Fenomenología: primero cuando la conciencia se planteó como una cuestión científica y la Fenomenología como un enfoque filosófico a considerar para observarla.

A partir de finales de los ochenta (véase, por ejemplo, Marcel y Bisioch 1988), filósofos y psicólogos empezaron a hablar sobre la conciencia en el contexto de las ciencias cognitivas. Durante los años noventa comenzó un gran debate sobre el <<problema difícil>> de la conciencia (...). Cuando surgieron cuestiones metodológicas sobre cómo estudiar científicamente la dimensión experiencial, y, por tanto, sin necesidad de recurrir al introspecciónismo de estilo antiguo, se inició un nuevo debate sobre la fenomenología.³⁰

²⁸ Gallagher y Zahavi, 2013:29

²⁹ Gallagher y Zahavi, 2013:26

³⁰ Gallagher y Zahavi, 2013:26

En segundo lugar con la Cognición Corporeizada que tomó fuerza en los años noventa del siglo pasado cuando “Científicos y filósofos como Francisco Varela, Evan Thompson y Eleanor Rosch (1991), Antonio Damasio (1994) y Andy Clark (1997) objetaron en contra del dualismo mente-cuerpo cartesiano”³¹ y atacaron la idea de que la cognición tenía que ver con un cerebro central que no se modifica en tanto se modifica el entorno en que vive el ser al que pertenece.

Varela, Thompson y Rosch, como también Clark y otros, se remontaron a ideas del fenomenólogo francés Maurice Merleau-Ponty (1962) como una vía para desarrollar sus objeciones en contra de la cognición descorporizada. Así, veremos que Merleau-Ponty ofrece uno de los mejores ejemplos de cómo la fenomenología puede jugar un papel importante en las ciencias cognitivas.³²

La Sociología Cognitiva se ha sustentado, entre otras cosas, en ver a la mente como una especie de aparato sistémico y en red que construye signos y símbolos relacionados y que crean significados, una especie de biocomputadora que, aunque se nutre de lo extracorporal pareciera tener claras fronteras con ello, que bien pueden ser la piel o el cerebro. “Esta vía fue tomada por la psicología cognitiva y, entre otros, desarrollada por los psicólogos y filósofos de la mente Pylyshyn (1988); Newell y Simon (1981); Fodor (1975, 1987), desarrollados en el campo de la Inteligencia Artificial (IA). Dio lugar a la tesis del “computacionalismo”, “representacionalismo” o “simbolismo”, de acuerdo con la cual nuestra mente es un sistema que combina y

³¹ Gallagher y Zahavi, 2013:26

³² Gallagher y Zahavi, 2013:26

procesa símbolos.”³³

Entendiendo que lo que sucede en tanto lo que llamamos mente no depende exclusivamente de lo que sucede en la cabeza, sino de la relación de esa mente con su entorno; la investigación centrada en la cognición y su relación con el universo dio pie a la Cognición Corporeizada. Parece que, en aquellas perspectivas cognitivistas no se consideraba que el cuerpo existe en un mundo cambiante, en constante reconfiguración, en constante resignificación, por lo tanto lleno de humanos que adquirimos las mismas cualidades de cambio. El hecho de que existan espacios específicos ocupados por materia que conforma los cuerpos, no significa que estos estén separados del universo y de su comportamiento cambiante.

Frente al cognitivismo clásico (...), la teoría de la mente extendida afirma que la “mente no está en la cabeza”, sino que emerge de las interacciones con el entorno (el mundo externo hace parte de la cognición).³⁴

Finalmente, retomando a Gallagher y Zahavi, la tercera situación que plantean está en “el asombroso progreso en ciencia neuronal. En los últimos veinte años hemos sido capaces de aprender muchísimo sobre cómo funciona el cerebro. Tecnologías como las imágenes del cerebro (fMRI, PET) han generado nuevos paradigmas experimentales”³⁵.

³³ Bedia y Castillo, 2010:104

³⁴ Bedia y Castillo, 2010:105

³⁵ Gallagher y Zahavi, 2013:26-27

Estos tres puntos han sido cruciales para el empoderamiento de la *Neurofenomenología*, que trata de observar los fenómenos generando diálogos entre *lo subjetivo* de la experiencia y *lo objetivo* de la corporalidad y este es uno de los puntos sobre este enfoque que mas interesan a esta tesis. Francisco Varela cree “que la naturaleza está compuesta por el mundo y nuestra conciencia, y que, mientras no expliquemos ésta, solo habremos explicado la mitad del mundo natural.”³⁶

Hasta ahora he abordado la *Neurofenomenología* como un enfoque que me permite tener una base consistente para esta investigación, sin embargo tampoco es perfecta, por ejemplo: en el estudio de los datos en primera persona, Varela encontró dos problemas, por un lado que “las descripciones que hacemos de nuestras experiencias son muy simples y muy pobres comparadas con la riqueza de dichas experiencias. Aunque pensemos que somos expertos en lo que pasa en nuestra conciencia, en realidad es muy poco lo que sabemos de ella.”³⁷ Y por otro nos enfrentamos a “cómo explicar el fenómeno como tal, (...), poniendo en relación los datos de primera persona con los datos que obtienen las neurociencias de un modo objetivo”³⁸. La solución al primer problema según Guerrero³⁹ es entrenando personas para que puedan dar cuenta de su conciencia con detalle “como se hace en la tradición budista, o en la tradición fenomenológica europea inaugurada

³⁶ Guerrero, 2012:271

³⁷ Guerrero, 2012:272

³⁸ Guerrero, 2012:273

³⁹ Guerrero, 2012:272

por Husserl, que puedan ser validables de manera intersubjetiva.”. Y la solución al segundo:

(...) se consigue mediante la comprensión de cómo funciona el cerebro, “de cómo puede distinguir colores y formas, tener programación motora y emociones de diferentes tipos. (...) [El cerebro] es un dispositivo que ha evolucionado a lo largo de un periodo prolongado de la historia, tanto en sentido filogenético como ontogenético. Sólo tiene sentido en el contexto de estar activos en el mundo, y estar en un cuerpo es precisamente lo que nosotros experimentamos”^{40,41}

Y el cerebro que forma parte de un cuerpo es enactivo. A partir de la experiencia, la vida es lo que somos con nuestro cuerpo y su relación con el mundo, una relación cambiante, en constante movimiento, llena de cosmos y de caos, determinada por lo que percibimos y lo que no, punto muy importante, hay muchas cosas que escapan a los límites perceptivos de los seres humanos que no por eso dejan de existir e incidir en nosotros. Y también es un cuerpo cuya experiencia del universo sucede tanto desde la subjetividad como desde la objetividad.

En este sentido una de las cualidades relevantes de la Neurofenomenología para esta investigación, es la de considerar tanto lo objetivo como lo subjetivo, en este caso y de forma muy específica: de lo objetivo y lo subjetivo del fenómeno neuronal ante el encuentro entre una obra de arte (*Oraculum*) y el humano que la habita⁴².

⁴⁰ Blackmore, 2010:307

⁴¹ Guerrero, 2012:273

⁴² Definiremos *Habitante de Oraculum* en secciones posteriores de esta tesis.

Pensemos en la palabra *apreciación* en su acepción de “percibir algo a través de los sentidos o de la mente”⁴³, cuando se llega al punto de la interpretación que cada persona da a aquello que percibe, esta palabra se convierte en un tema a discutir. La historia dice que para la Cultura Griega Clásica la belleza tenía parámetros claros, socialmente validados, en los cuales debía coincidir todo aquello que pretendía ser considerado bello. Durante la Edad Media, sobretodo en sus primeros cinco siglos, el concepto de belleza clásica se difumina entre la pérdida de la cultura clásica y de parámetros estéticos, es en los siguientes cinco siglos que hay cierta vuelta a los parámetros, cuando algunos estilos presentes sobre todo en arquitectura, pintura, escultura y música, vuelven a marcar tendencia. Pasada dicha época y hasta la segunda mitad del siglo XVIII e inicios del XIX, las academias se consolidan en Europa, basadas en buena medida en los parámetros clásicos; supongo que las sociedades europeas consideraban que si las civilizaciones de la antigüedad clásica habían sido admirables, emularlas era la formula de la elevación humana; no me atrevo a dar un veredicto del éxito o no de dicho pensamiento, sin embargo, es un hecho que ésta época arropó a varios de los considerados como mejores artistas de la historia y podríamos pensar que eso pasó dado que fueron creadores que cubrieron perfectamente los parámetros de lo que por entonces era ser artista; tal vez hay una parte de eso, pero cuando he tenido la oportunidad de estar ante alguna de las grandes obras de estos humanos, me parece innegable el golpe sensorial

⁴³ Real Academia de la Lengua Española

inicialmente no racional que provocan, lo he sentido y lo he interpretado de las reacciones que he observado de personas a mi alrededor, no me quedan dudas de la grandeza de quien realizó esas obras. Debo aclarar que no hablo del Síndrome Stendhal dado por la sobrecarga sensorial de algo que consideramos bello, sino de la experiencia estética producida por el arte, desde cualquiera de las categorías estéticas.

Ahora bien, entre los siglos XVIII y el XIX, considerando los múltiples cambios sociales, la Revolución Industrial, el triunfo de los valores burgueses, al entrar esa clase social en una de sus etapas activas por lo tanto productivas (cuando la burguesía no está en dichas etapas entra en estadios de comodidad traducidos en inactividad). En aquella época, algunas de las mentes más brillantes comenzaron a cuestionar las posturas de la auto imposición de los valores clásicos y entre otras cosas se define la estética que da pie a lo que conocemos hoy de este campo.

La estética surge como un campo formal a mediados del siglo XVIII; de inmediato adquiere el rango de disciplina filosófica sistemática, por más que ya desde los griegos el problema de la sensación y el de la artisticidad eran hitos del pensar. Kant liga, desde el inicio de sus reflexiones, el arte y la sensibilidad a lo bello, la libertad, la imaginación, la verdad, la certeza, la intuición y otras modalidades de lo humano que son de apreciación general como deseables.⁴⁴

Esta reflexión me ha llevado a preguntas como: ¿Por qué apropiarse de parámetros creados por una civilización propios a sus necesidades,

⁴⁴ Valdivia, 2007:10

pensamientos, niveles socio-culturales, etcétera? ¿Por qué colocarse una percha lejana y ajena, en lugar de indagar en la que les correspondía? Los Hermanos Schlegel, Lessing, Goethe, Hegel, Víctor Hugo, entre otros; cada uno a su manera e incluso en algunos casos desde su yo neoclásico, se cuestionaron las posturas artísticas de su tiempo e impulsaron ideas como: el artista como demiurgo, la importancia de las pasiones, la valoración de la obra imperfecta e inacabada en contraposición a la perfección académica, la valoración de lo original frente a lo común, entre otras, así configuraron el Romanticismo, aquel periodo que marcó pauta para que los parámetros objetivos del Arte dejaran de ser lo que definía el valor de una obra; ya había hablado David Hume unos años antes de que la belleza de los objetos reside en la mente de quien los percibe.

D. Hume asume que el placer procede de dos fuentes básicas; una, la belleza de la forma, que correspondería a la forma o apariencia de los objetos como tal, y dos, de la simpatía y de la idea de utilidad que tales objetos nos ofrecen. Una y otra, atienden a cinco tipos de bellezas distintas (grados de coloración, exactitud imitativa, armonía, diseño y razonamiento) que desencadenan una clara distinción entre el agrado de la vida y el agrado frente a la ficción que se presenta cuando asociamos ciertos principios de la memoria y de la imaginación con los hábitos y costumbres, dos elementos clave para que las ideas, a su vez, se agrupen en opiniones y argumentos. En ello radica preciosamente el rótulo «subjetivista» que recae sobre su pensamiento: traslado de la propiedad de belleza de los objetos a los sujetos como tal.⁴⁵

El periodo Romántico fue una gran ruptura en el Arte de la era moderna, dando frutos sobre muchos de sus fundamentos, al rededor de un siglo después con Las Vanguardias. Notaremos que dichas

⁴⁵ Solórzano, 2006:70-71

rupturas tuvieron consecuencias tanto positivas como negativas, que por cierto tienen un peso importantísimo en nuestros días; el hecho de que pierdan potencia las academias que validan y definen los postulados del Arte, o que estas cambien de postulados, paradigmas, metodologías, materialidades, etcétera, se refleja en un cúmulo de posibilidades creativas validadas que de otra manera no podrían ver la luz; sin embargo también se refleja en la pérdida masiva de claridad sobre qué es Arte, es decir, si el artista es un demiurgo y lo que vale de su arte es el discurso y modos de hacer personales, cualquier cosa que haga puede ser validada como tal. Por otro lado, si sólo aquello que entra en parámetros establecidos por unos cuantos es arte, se niega la posibilidad de ser a muchos de los más grandes artistas que han existido.

El arte ha muerto como tal, aduce Hegel, porque ya no es posible sin mediación conceptual. En la ocasión temporal adecuada, surgirá precisamente una tendencia al arte conceptual. Los conceptos, los modos de concebir, se sobreimpondrán en el proceso de producir y de captar el arte. Pero Hegel mismo (...) pasa a registrar sus pensamientos sobre el arte romántico y sobre el arte del futuro suyo. Es decir que acepta la continuidad de dicha actividad expresiva: el porvenir de lo muerto.⁴⁶

Ese “conflicto” ha encontrado mentes capaces de salir del abismo para, incluso renunciando al Arte, reafirmarse como parte del universo de éste aunque no cuente con las cualidades de la tradición, por ejemplo el Doctor Benjamín Valdivia y su idea de lo meta-artístico.

⁴⁶ Valdivia, 2007:12

En esta época de agonías, que vivimos, todo se da por muerto. Sucesivamente se ha repaginado la muerte de la divinidad, la muerte de la historia, la muerte de la filosofía y, dado que no podía faltar, la muerte del arte. En su conjunto, se ha querido ver esto como la muerte de la modernidad. Nos falta la muerte de la época de la muerte de todo. La consecuencia directa del tono crepuscular de nuestro tiempo ha sido el pensamiento *post-ístico* (...). Para no desmerecer de la jerga de estos días, le llamaremos no *postartístico* sino *meta-artístico* al estado actual de la producción estética, la cual modela a la sensibilidad contemporánea.⁴⁷

En su libro *Los objetos meta-artísticos y otros ensayos sobre la sensibilidad contemporánea*, el Doctor Benjamín Valdivia escribe un ensayo sobre las piezas circunscritas en el universo de lo artístico que no tienen las cualidades para ser consideradas Arte, dice que “más que hallarnos ante la muerte del arte estamos frente a una modificación histórica que produce objetos suplantadores del arte y que, sin duda, cumplen socialmente la misma función que el arte, pero ya no lo son. No es algo postartístico, como queda dicho. Se trata de algo que bien puede llamarse la época de la producción de los objetos meta-artísticos”⁴⁸. En lugar de negar esas piezas como quien voltea la espalda a lo que no quiere ver, las observa, define sus características, las compara con lo artístico y las asume como parte de la realidad contemporánea del Arte. No creo que los objetos meta-artísticos no hayan existido siempre, pero nuestra época es una en la que toman relevancia al colocarse en los recintos que tradicionalmente estaban erigidos para lo artístico.

En todo este entramado histórico de las tendencias del Arte según las

⁴⁷ Valdivia, 2007:9

⁴⁸ Valdivia, 2007:12

grandes épocas, tomando en cuenta que el humano percibe la realidad de forma parcial, desde sus posibilidades y cultura determinadas, y dadas sus características físicas y mentales; supondríamos que todo esta subjetivado, que no hay modo de conocer nada de forma puramente objetiva en tanto que nuestros sistemas sensoriales son filtros e interpretes de la realidad, algunos dicen que esa es precisamente la realidad, la que construimos en lo intra corporal a partir de lo que percibimos de lo extra corporal; yo tiendo a pensar que ella existe independiente a nosotros y que los humanos no somos capaces más que de interpretar algunos de sus fragmentos. Sin embargo, aunque no podamos aspirar a la objetividad pura, si podemos acercarnos al tomar distancia de nuestros aspectos de valoración personal en proporción inversa al acercamiento a la realidad, para apreciar algo indagando en las propiedades de dicha cosa aún con el obnubilamiento inherente a la senso-transdu-percepción. Podría sugerir que a mayor alejamiento de las creencias personales mayor acercamiento al conocimiento de la realidad, sin embargo esto debe ser tomado con mucha reserva pues requiere un análisis exhaustivo que transita y seguramente encuentra resonancias distintas, si lo analizáramos desde el universo microscópico hasta el macroscópico.

Si partimos de la naturaleza del objeto tratando de evitar las posturas personales para su valoración, entramos en el terreno de *lo objetivo*. Por otro lado, cuando esas posturas personales son las que nos llevan a conocer el objeto, estamos en el terreno de *lo subjetivo*, es decir en el

terreno donde cada individuo pone en juego sus características personales para: crear, interpretar, criticar, etcétera. *Lo objetivo* y *lo subjetivo* son opuestos inseparables, aunque podemos separarlos para efectos de comprensión y aunque la observación de las experiencias se puede realizar puntualizando uno y otro, parece no existir *lo objetivo* sin *lo subjetivo* y viceversa, no hay comprensión profunda de los fenómenos si no se unifican.

Retomando el postulado del tercero incluido y la idea de los opuestos inseparables, esta investigación ha requerido de un espacio donde *lo objetivo* y *lo subjetivo* se encuentren; más allá de la teoría, cuando se coloca un halo neuronal a un ser humano se obtiene la representación gráfica, objetiva, del modo físico-químico en que funciona el fenómeno neuronal vibratorio dentro de su cerebro, pero eso se nutre profundamente cuando se suma el relato personal del individuo, entonces se puede llegar a otro nivel de conclusiones relacionadas con la mente y su alto contenido de subjetividad. La Neurofenomenología es campo que contempla tanto los aspectos neurológicos objetivos como la experiencia del individuo sometido a la observación, a través de métodos como escrituras del yo y bitácora de proceso.

RECAPITULACIÓN

En este capítulo reflexionamos algunos paradigmas de pensamiento que nos ayudan a colocar la mente en un estado teórico que facilita el adentrarnos en el universo del vínculo entre la Neurociencia y el Arte.

Para ello observamos a la simpleza y a la complejidad en coexistencia, entendiendo al mundo como “un entramado de sistemas, individuos, cosas “simples” que se relacionan, retroalimentan, modifican, complejizan...”, como distintas “formas de comportamiento del universo que son a veces opuestas pero no necesariamente excluyentes o sin relación entre ellas.”. Donde “la comprensión de muchos fenómenos no reside en la simplicidad o en la complejidad sino en su interacción y esto es aplicable a otros conceptos: cosmos-caos, orden-desorden, vida-muerte, estabilidad-inestabilidad...; los opuestos inseparables”.

De no observar estas bases podemos caer en “negar que el tema es relevante para el Arte o para la vida, o en un cúmulo de conocimientos que nos pueden ahogar, saturar o hacernos perder el interés.”. Es por ello que este capítulo nos sugiere paciencia y apertura mental para adentrarnos en territorios caóticos, de incertidumbre, de relaciones en distintos niveles, de caminos que vienen de la necesidad de nuevos discursos acordes al movimiento de la historia y al nuevo conocimiento, ya sea el que va surgiendo o el que apenas vamos siendo capaces de digerir. Es un capítulo que nos insta a un ejercicio mental demandante pero absolutamente necesario e interesante si queremos observar a profundidad el *Arte Neuronal*.

Estos paradigmas se utilizan para observar un universo y una época, la actual, “de reconocimiento de la complejidad pero en la que los

humanos, aunque estamos fisiológicamente y mentalmente preparados para vivirla, presentamos resistencia para asimilarla; la observamos, la aceptamos como parte del todo, sabemos que desarrolla nuestra neuroplasticidad de modo contundente, pero nos resulta incomoda al exigirnos esfuerzos energéticos, incómoda pero fascinante.”

Desde la simpleza y la complejidad, pasamos también por la disciplina, la interdisciplina y la transdisciplina, distintas formas de relación y no relación del conocimiento, que tampoco son excluyentes. Ha sido importante observarlas como formas de obtención, aproximación y producción de conocimiento, además de hacer notar que la Neurociencia surgió en un ejercicio interdisciplinar, uno de los más grandes de la historia de la humanidad en cuanto a la disposición de quienes participaron para ir más allá de sus disciplinas, nutrirse de los otros, ceder, traspasar fronteras, ir y volver constantemente, escuchar... en aras del conocimiento. El impulso del que surgió la Neurociencia hizo confluir a la Química, la Biología, la Medicina, la Tecnología, la Física, las Matemáticas, incluso la Filosofía o la Estética, pues se comprendió que responder los fenómenos en su complejidad no es cosa de un sólo punto de vista. "Las estructuras de la *neurona* y del *sistema nervioso central*, como el gran sistema que conforman, hoy pueden ser observadas con relativa facilidad, pero el problema de la Neurociencia es que está ligada a la mente; en la actualidad es relativamente fácil saber dónde se encuentran los sistemas sensoriales y cómo funcionan fisiológicamente, pero no es tan

fácil saber lo que ellos implican en términos de pensamiento, razonamiento, de la profunda subjetividad de una persona, de soñar, de sentir, etcétera.”

Finalmente en este capítulo observamos a la Neurofenomenología desde la perspectiva de Francisco Varela quien realizó el programa de investigación en *Neurofenomenología* definido como “un programa de investigación que busca articulaciones mediante limitaciones mutuas entre el campo de los fenómenos revelado por la experiencia y el campo correlativo de fenómenos establecido por la Ciencia Cognitiva”⁴⁹. Propuso “(...) un método que, además de los aspectos neurológicos, estudiados de una forma científica, objetiva, tiene en cuenta de un modo esencial el examen de la experiencia llevado a cabo por medio de métodos de primera persona (...).”⁵⁰ Se trata de la observación del fenómeno “mente” desde la correlación entre la Neurofisiología y la experiencia consciente del cerebro como base de ésta. Es muy importante subrayar que en la presente tesis se trabaja desde la idea del *sistema nervioso central* como base de la mente, no sólo el cerebro ni el encéfalo.

⁴⁹ Varela, 2000:260

⁵⁰ Guerrero, 2012:274

2. PROCESO FISIOLÓGICO DE LA INFORMACIÓN ESTÉTICA

Es paradójico, dado el subcapítulo previo, que este capítulo se aleje de la Fenomenología de la observación de la experiencia para aproximarse al tema de modo funcional, científico y objetivo; reitero la importancia de la apertura para asimilar el trabajo conjunto de posturas que son opuestas.

Personalmente iniciar esta investigación fue un reto en cuanto a lo que ignoraba sobre el funcionamiento neuronal humano, que no se trata sólo de las *neuronas* sino del funcionamiento del *sistema nervioso* en su complejidad. La aproximación al conocimiento neurocientífico fue inminente para poder alejarme de la mera suposición y uso superficial de palabras científicas revestidas con cualidades estéticas. Considerando que mi área de formación es el Arte se volvió necesario y recurrente acercarme a libros de Neurociencia que al inicio me resultaban incomprensibles. Para que la Ciencia y el Arte se reconozcan deben ser capaces de ir la una al territorio de la otra, ir y volver, retroalimentarse, conocerse; esto aplica también para quienes se adentran en estos vínculos, un artista que busca información del vínculo Arte/Ciencia en documentos de Arte no llegará muy lejos, tampoco un científico que busca relacionarse con el Arte a partir de documentos científicos. Esta tesis pretende ser un documento donde el Arte y la Ciencia se encuentran, uno que a veces nos confunde sobre en cuál de los dos territorios está, porque ellos se unen o se permiten

ser protagonistas o dejar de serlo ante el otro cuando es requerido.

Aproximarse al conocimiento neurocientífico cuando se trata de un campo de saber que nos es desconocido y que además conlleva un lenguaje especializado, implica el aprender de qué trata y el lenguaje específico para tratarlo. Intuitivamente desarrollé lo que llamo Metodología de Asimilación de Campo, un ejercicio inminente al habitar lo interdisciplinario; un franco proceso de aprendizaje a partir de la lectura, no novedoso (en él se puede incluso reconocer una secuencia didáctica tradicional) pero que para mí se volvió metodológico al replicarlo una y otra vez para avanzar en la asimilación de aquello que al inicio me parecía indescifrable. El algoritmo es simple:

1. **Leer** lo que no se comprende.
2. **Reflexionar** lo leído **a partir de los conocimientos previos**.
3. **Reafirmar, significar o resignificar** a través del diccionario, buscando todas las palabras pertinentes, a veces incluso palabras de las que se cree conocer el significado, para: reafirmarlo, reconocer su especificidad en ciertos campos de saber o descubrir que no necesariamente se conocen todos sus posibles significados o que los que conocemos son erróneos.
4. **Relacionar** la información inicial nutrida por su reciente proceso de significación, **con la información** pertinente **de otros campos de conocimiento** implicados. Esto puede requerir: vincular, comparar, complementar, analizar niveles de relación, incluido lo dialéctico. Puede convertirse en algo arduo y que confronta al rigor disciplinar.
5. **Realizar ejercicios expresivos** (enseñar, esquematizar, sintetizar...) que nos permitan saber hasta qué punto hemos asimilado la información.

6. Habiendo cuando menos avanzado en la asimilación, **comenzar la relación con el Arte.**

Un camino largo y sinuoso pero fundamental para construir relaciones entre el Arte, la Neurociencia y sumaré a la Tecnología. El *Arte Neuronal* no trata de utilizar palabras que adjetiven a los objetos artísticos que se circunscriben a él, sino de que la creación de estos objetos esté fundada en vínculos profundos entre estos campos.

2.1. Sistema nervioso

Entender el funcionamiento corporal humano como un conjunto de sistemas que a su vez son conjuntos de órganos y estructuras coordinadas, es uno de los enfoques que ha abordado la *Neurociencia*.

En las ciencias biológicas se utilizan las denominaciones de sistema y aparato para designar al conjunto de órganos que contribuyen a realizar una función general común (...). El cuerpo humano se divide para su estudio en varios sistemas orgánicos, algunos de los cuales presentan características morofuncionales comunes que permiten organizarlos con un enfoque sistémico en 4 grandes grupos: somáticos, viscerales, circulatorio y nervioso.⁵¹

Esta idea sistémica es útil para comprender las partes del todo pero no basta, hay que sumar que se trata de algo vivo, corporeizado, que es base fisiológica de la mente, que implica la subjetividad y ciertos sucesos que son mucho más de lo que su base fisiológica nos permite notar a simple vista: emociones, racionalización, pensamiento, creencias, sueños, ideas, sentimientos, psique, etcétera.

⁵¹ Rosell, González, Cué & Dovale, 2004

De entre todos, el *sistema nervioso*⁵² cumple una función fisiológica que por otro lado podría ser base de una conversación filosófica, la de mantener comunicación continua entre todo el cuerpo. Un maravilloso sistema que coordina a cada parte del cuerpo para que este sea en el mundo, para que viva y suceda en perfecta organización consigo, con su entorno y en su similitud con los otros cuerpos, tanto como en su diferencia. El cuerpo humano es frágil y fuerte al mismo tiempo, funciona con quasi perfección para evitar ser un montón de órganos incontinentes y desorganizados, construyendo un hermoso conjunto de cosas que coexisten en algo que las trasciende en su individualidad.

Concepto general. El sistema nervioso es un conjunto de órganos y estructuras, ampliamente distribuidos por todo el organismo, que realiza la función integradora de regulación nerviosa.⁵³

Este sistema trasmite, interpreta y procesa información, señales que conocemos como impulsos nerviosos; información externa (que se interna a través de las neuronas receptoras de los sistemas sensoriales) así como interna. Elabora órdenes y las lleva hasta los órganos que deben realizarlas, controla a los órganos vitales e interviene en las

⁵² (...) está compuesto por una parte central (médula espinal y encéfalo) y una parte periférica (nervios, ganglios y terminaciones nerviosas). Además, incluye el sistema sensorial u órganos de los sentidos donde radican los receptores de la sensibilidad general (somática y visceral) y especial (órganos del gusto, olfato, vista y vestibulococlear). (...) está estructurado por cadenas de neuronas conectadas por las sinapsis. La agrupación de los cuerpos neurocelulares constituyen en la parte periférica los ganglios, que son órganos macizos nerviosos y en la parte central, la sustancia gris, en forma de núcleos, columnas y láminas donde radican los distintos niveles de los centros nerviosos. La agrupación de prolongaciones neurocelulares o fibras nerviosas constituyen en la parte periférica los nervios y en la parte central, la sustancia blanca, que en conjunto forman un sistema cordonal por donde se conducen los impulsos nerviosos. (Rosell, González, Cué & Dovale, 2004)

⁵³ Rosell, González, Cué & Dovale, 2004

funciones mentales superiores, mecanismos que vinculan los procesos cognitivos y los optimizan para enfrentar situaciones complejas e implican la activación de distintos circuitos neuronales, relacionadas con: estado de despierto, juicio, cálculo, abstracción, análisis, gnosias, praxias, lenguaje, memoria, iniciativa, atención, volición, creatividad, planificación, organización, ejecución, concentración, monitoreo, control inhibitorio, pensamiento lógico, etcétera.

Las funciones mentales incluyen la comprensión de la esfera relacionada con la ubicación y concepción del ser humano. Para la comprensión de las funciones mentales se tiene que considerar la interacción de las diferentes estructuras corticales en la ejecución y planeación del movimiento. Dentro de estas se han catalogado procesos de conciencia, memoria, atención, razonamiento y procesos de percepción (gnosias) y de ejecución (praxias).⁵⁴

El *sistema nervioso* es pues un conjunto de tejidos nerviosos que a su vez son conjuntos de células nerviosas⁵⁵ que controlan, dirigen y supervisan las funciones del cuerpo; cada estructura tiene funciones que en conjunto determinan el estado y comportamiento corporal.

La siguiente serie de mapas mentales, que en conjunto forman uno, es una mirada general a éste sistema, muestra sus estructuras básicas. Las imágenes pertenecen o están basadas en las de los libros: *Principios de neurociencia, aplicaciones básicas y clínicas*⁵⁶ y *Netter, atlas de neurociencia*⁵⁷

⁵⁴ Ordóñez y Sánchez, 2020:44-45

⁵⁵ Que sean nerviosas implica que se especializan en la transmisión de señales eléctricas que llevan y traen información sensitiva y motora.

⁵⁶ Haines, 2014

⁵⁷ Felten, O'Banion & Maida, 2016

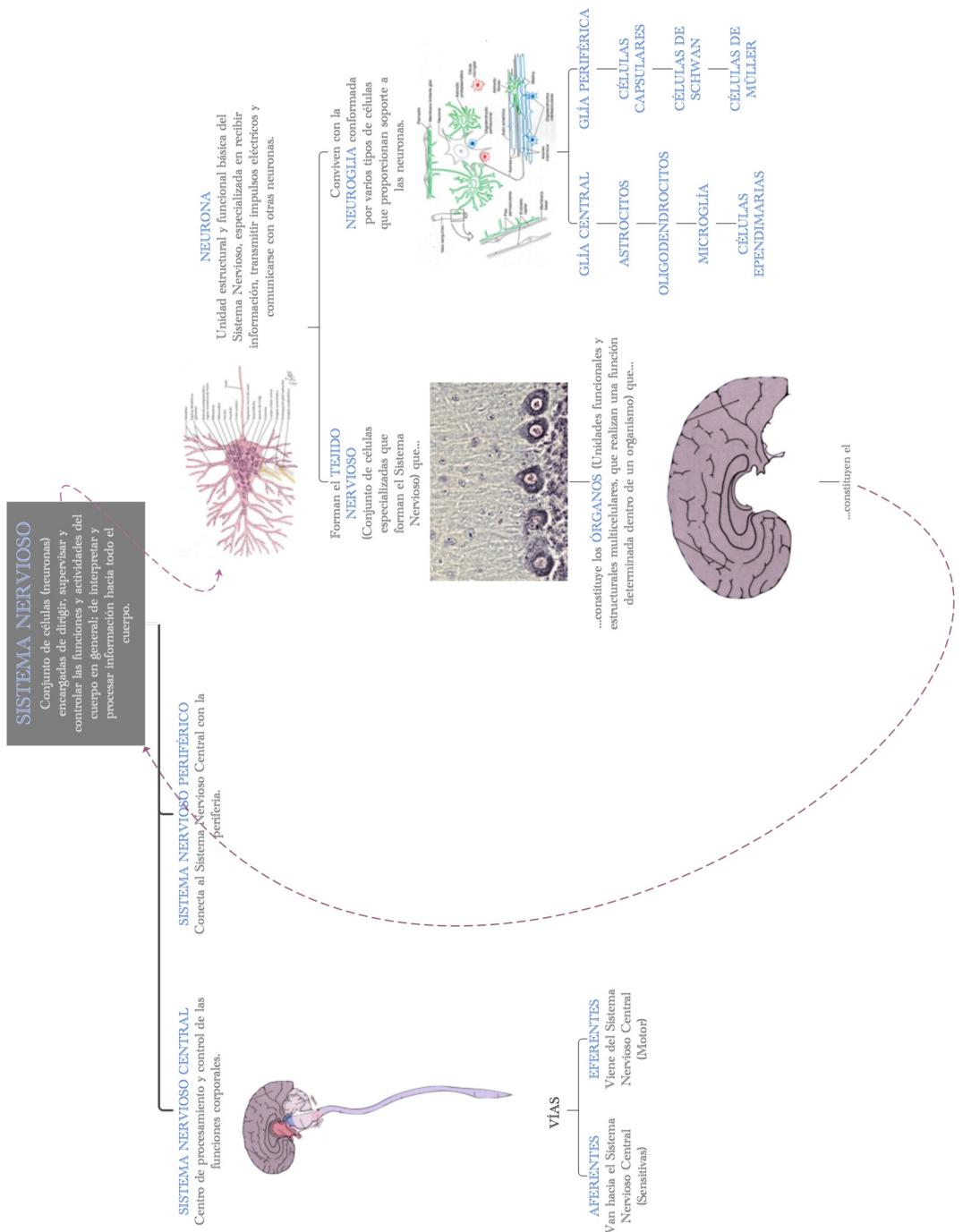


Fig. 1 Sistema nervioso

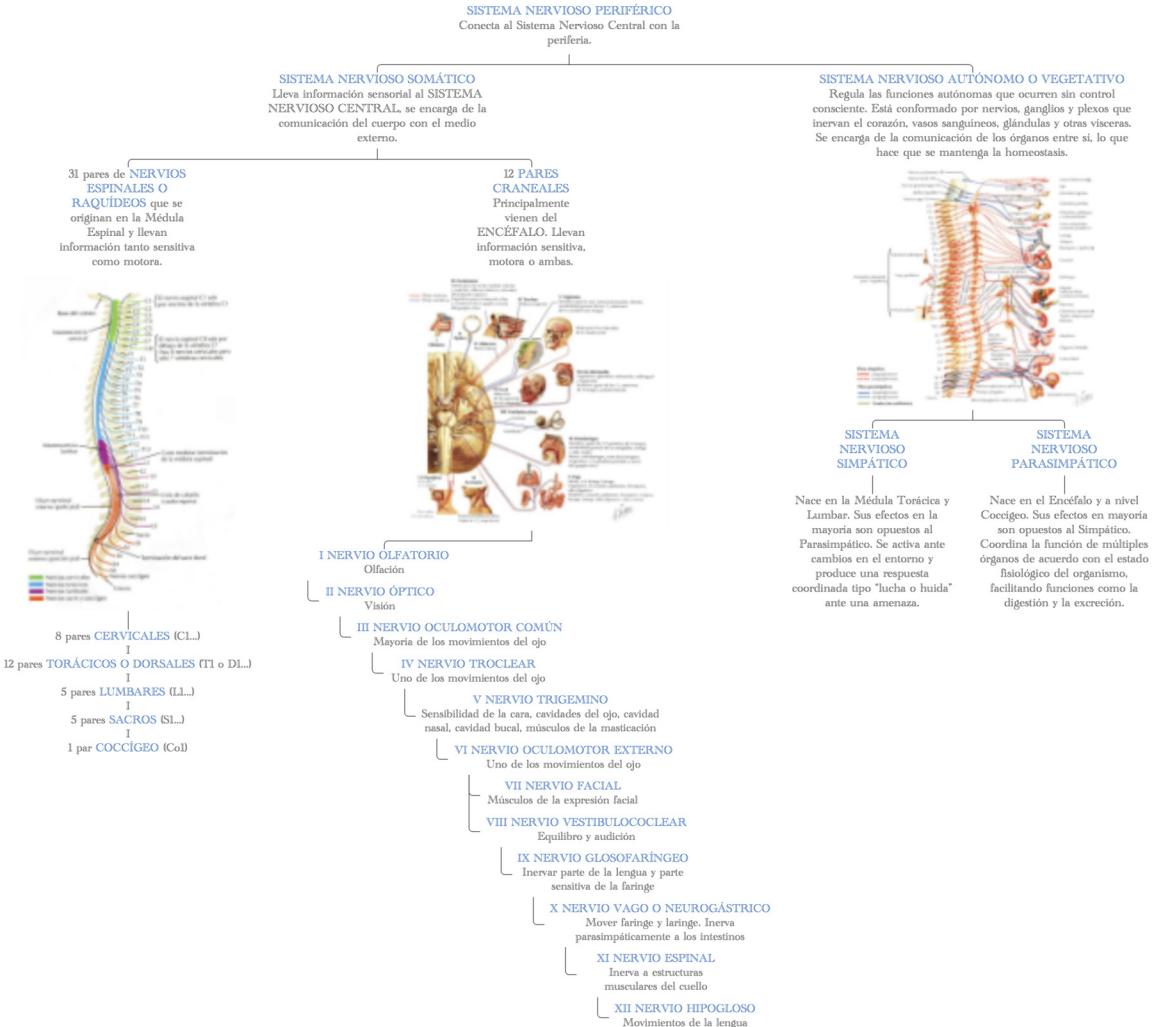
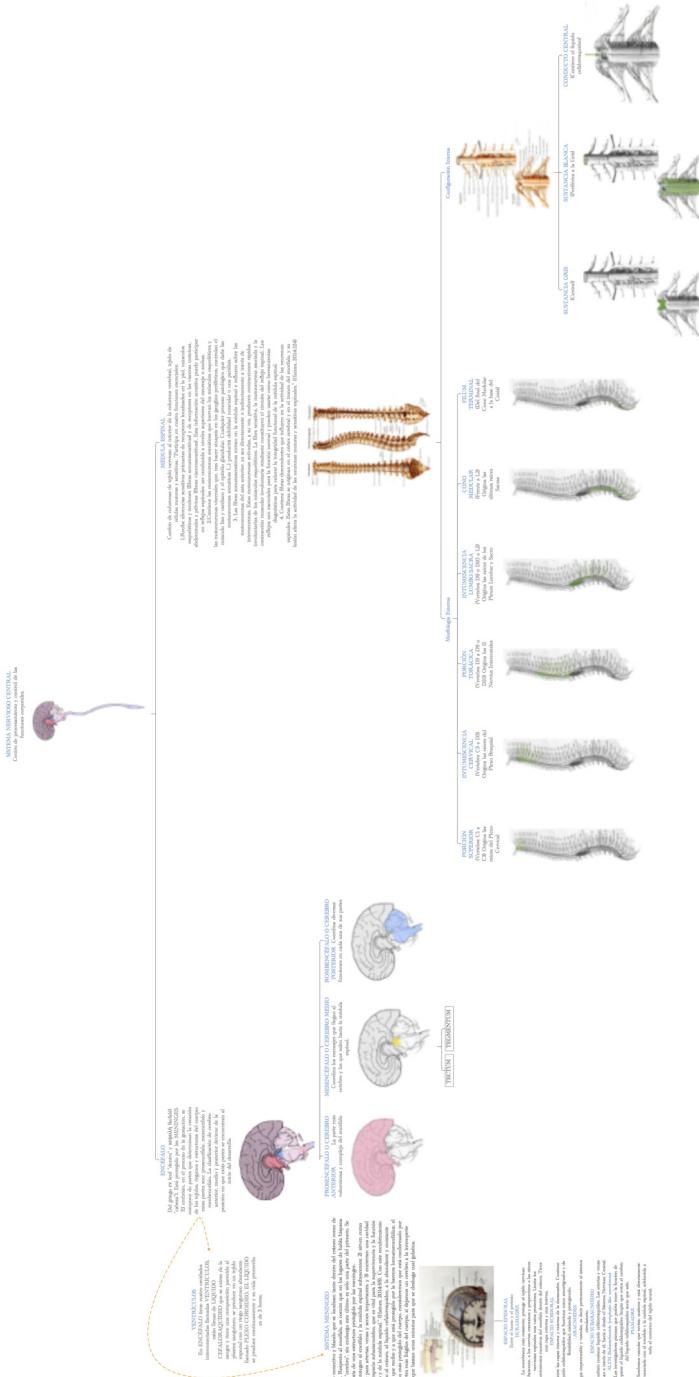


Fig. 2 Sistema nervioso periférico



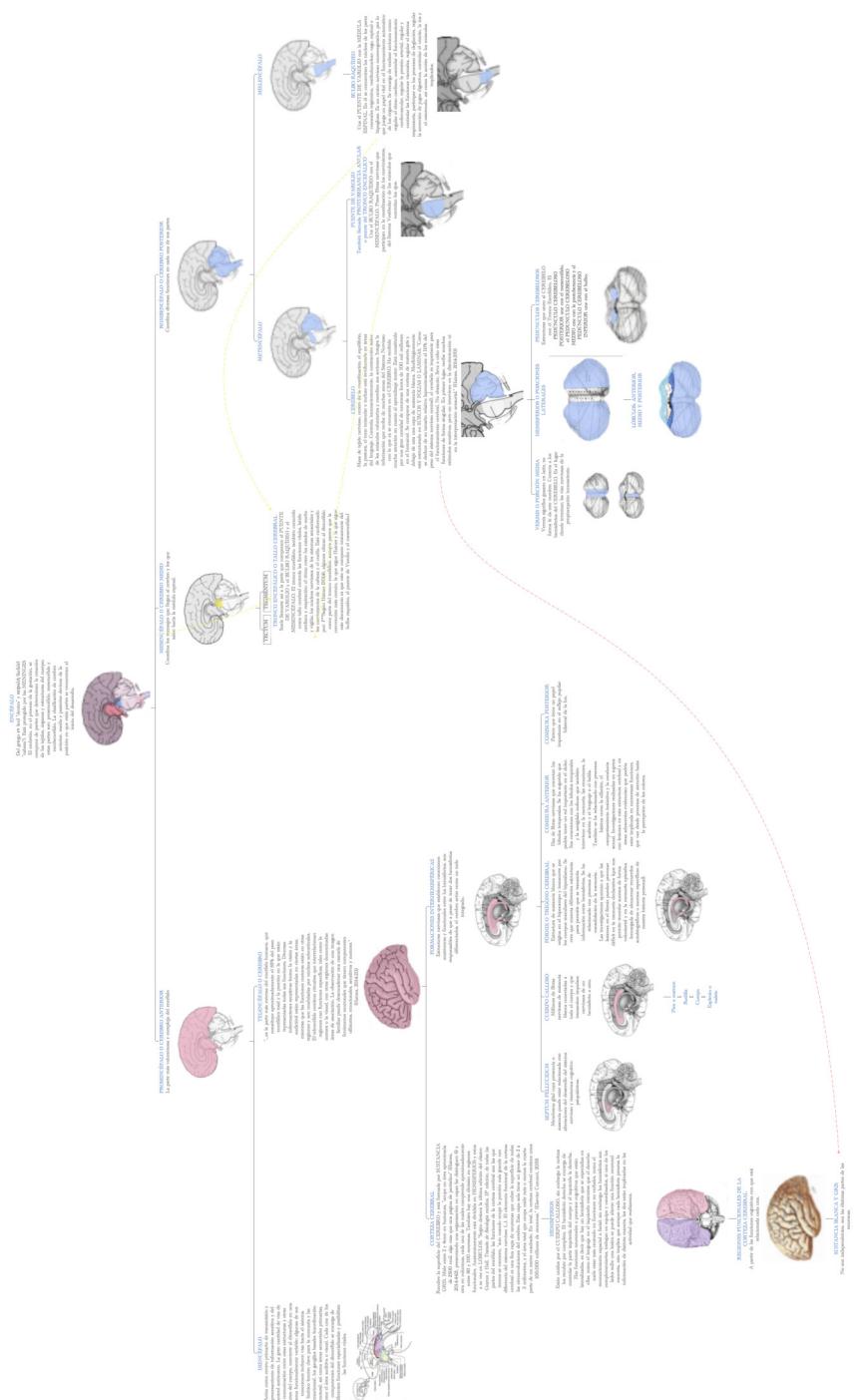


Fig. 3 Sistema nervioso central

Fig. 4 Encéfalo

Fig. 5 Diencéfalo

HEMISFERIOS

Están unidos por el CUERPO CALLOSO, sin embargo la corteza los recubre por completo. El hemisferio derecho se encarga de controlar la parte izquierda del cuerpo y el izquierdo la derecha. Hay funciones neuronales o procesos cognitivos que están lateralizados, es decir que hay un hemisferio que se especializa en ellas, como el lenguaje en el izquierdo mientras que el derecho suele estar más centrado en funciones no verbales, como el reconocimiento espacial o facial; sin embargo los hemisferios son complementarios, trabajan en equipo y coordinados, si uno de los lados sufre una lesión se puede alterar una función neuronal concreta, esto implica que aunque cada hemisferio procesa la información de distinta manera, los dos están implicados en las actividad que realizamos.



GIROS O CIRCONVOLUCIONES, CISURAS Y SURCOS

Los giros permiten que el córtex se pliegue para compactarse en un pequeño volumen. Los principales surcos dividen a los hemisferios en lóbulos. Algunos giros se asocian con actividades funcionales específicas, como el giro precentral (cortex motor) y el giro poscentral (cortex sensitivo primario). Otros, como los giros frontales y temporales superior, medio e inferior, sirven como referencias anatómicas del córtex cerebral.

LÓBULOS

Con base a la organización de los giros principales, el córtex cerebral se divide en seis lóbulos, cinco de los cuales están expuestos en la superficie del hemisferio cerebral y uno (el lóbulo de la insula) se localiza en la profundidad del surco lateral. Cuatro de estos lóbulos se denominan según los huesos suprayacentes del cráneo. (Haines, 2014:213)



FRONTALES

Se considera que son el que diferencian a los humanos de otros primates. Son los encargados de las funciones ejecutivas superiores, participan en la ejecución de tareas de memoria a corto plazo, la motivación, la planeación, el lenguaje, el comportamiento, la personalidad, la postura, la capacidad de resolver problemas... Están compuestos por la Corteza Prefrontal y por la Motora Primaria que a su vez se divide en Premotora, Ocular Frontal, Área de Broca (relacionada con el lenguaje) y la Motora Suplementaria. El control del movimiento voluntario es a través de la Corteza Motora Primaria.



TEMPORALES

Transforman los estímulos sensoriales (auditivos y visuales) en información comprensible para la memoria visual y la comprensión lingüística. Se encarga de codificar la memoria, emociones, audición, equilibrio, información del olfato y aprendizaje. Se fragmentan en la Corteza Auditiva, Giro Angular, Área de Wernicke, Área Supramarginal, Área de Asociación, Temporal Medial y Surco Temporal Superior. Procesan información auditiva, incluyendo el lenguaje en el área de Wernicke y algunas formas de la memoria.



PARIETALES

Integran los estímulos propioceptivos y mecanocieptivos relacionados con el tacto, la presión, la temperatura y el dolor. Están involucrados en el procesamiento del habla o lenguaje. Se dividen en Corteza Somatosensorial Primaria, Secundaria, Área de Asociación, Surco Intraparietal y Parietal Inferior.



OCUPITALES

Compuestos de las áreas visuales primaria, secundaria y terciaria, que se encargan principalmente de la actividad visual, espacial, de control de la postura y del equilibrio, y de interpretación de imágenes. Su función principal es procesar la información visual. La corteza primaria visual recibe información desde las retinas.



INSULA

Se sitúa internamente en la superficie cortical, puede observarse abriendo el surco lateral. Participa en el procesamiento e integración del sentido del gusto, la sensación de temperatura, y de dolor y funciones vestíbulares. Aunque la función de la insula se continua en cierta medida sin aclararne, se sabe que el córtex insular recibe aferencias nociceptivas y viscero sensitivas y que las lesiones del córtex insular pueden producir una disminución o una pérdida completa del deseo de conductas adictivas.



INSULA

También conocida como lóbulo límbico es parte de una entidad más compleja denominada Sistema Límbico, que incluye este lóbulo más sus conexiones con otros núcleos del telencéfalo, el diencéfalo y el tronco encefálico. Haines (2014:217) dice que “el lóbulo límbico (aunque no se especifica como un lóbulo separado), en otros si “debiendo a sus características funcionales y estructurales únicas”, “La función del lóbulo límbico es compleja y no puede etiquetarse, por ejemplo, como principalmente sensitiva o motora. Más bien, está asociada a circuitos que influyen en funciones complejas tales como la memoria, el aprendizaje y el comportamiento.” (Haines, 2014:217)

Fig. 6 Hemisferios

El *sistema nervioso* está subdividido en *periférico* y *central*, éste último conformado en su orden macro por el *encéfalo* mas la *médula espinal* y en el micro por la *neurona* como unidad mínima. El *sistema nervioso central* está profundamente relacionado con la mente, sus cualidades y capacidades.

¿Cómo comprender a este sistema más allá de reconocer sus partes y funciones principales? Propongo un posible camino partiendo de un *análisis simple* y un *análisis complejo* como dos perspectivas desde las que podemos observar cada una de las cualidades y partes que componen lo observado. No debemos olvidar a *lo simple* y a *lo complejo* como opuestos inseparables, aunque hagamos la “separación” con afán de entender al sistema, están sucediendo en correlación.

Desde la mirada *simple* y la *compleja*, observemos a lo funcional y lo estructural del *sistema nervioso*, de modo en que pensemos que éste tiene un comportamiento *estructural-simple* y uno *estructural-complejo*, lo mismo en lo *funcional*. Lo *estructural* referente a cuáles son y cómo se relacionan las partes que componen el sistema y lo *funcional* en cuanto a las actividades que realizan y efectos que generan, individualmente y en conjunto.

Podríamos pensar que si observamos únicamente los componentes estructurales del *sistema nervioso* estamos en el territorio de lo *simple*,

dado que basta con notar las partes, definir cuáles son y dónde están, pero aunque a nivel *estructural* se ha avanzado de modo consistente, hay que considerar por ejemplo que estas partes no están a la vista, que son estructuras compuestas de otras y se requiere de tecnología para percibirlas o cuando menos evidenciarlas. Apliquemos la misma idea a lo *funcional*, la tecnología y la especificidad en las investigaciones ha dejado basto conocimiento, sin embargo aún hay mucho que no se sabe, en varios casos nos encontramos en la frontera entre la suposición y la posibilidad de obtener evidencias, hay estructuras sobre las que se conocen ciertas funciones pero no otras, a veces se conoce el funcionamiento pero no su potencia y/o especificidad, a veces se sabe que las estructuras están implicadas en cierta actividad pero no exactamente cómo, por ejemplo, las conexiones de la *comisura anterior* del *telencéfalo* con los *lóbulos temporales* y la *amígdala*, indican que esta *formación interhemisférica* interviene en la memoria y las emociones, pero aún no se puede aseverar cómo y específicamente en qué.

Emotions can usefully be defined (operationally) as the states elicited by rewards and punishers that have particular functions (Rolls 1999, 2005, 2014) (...). A reward is anything for which an animal (which includes humans) will work. A punisher is anything that an animal will escape from or avoid.⁵⁸

Entre lo *estructural* y *funcional*, *simple* y *complejo*, hay varias disciplinas que discurren: biología, física, química, psicología, ciencias

⁵⁸ [Las emociones pueden usualmente definirse (operacionalmente) como los estados provocados por recompensas y castigos que tienen funciones particulares (Rolls 1999, 2005, 2014) (...). Una recompensa es cualquier cosa por la que un animal (que incluye a los humanos) trabajará. Un castigo es cualquier cosa de la que un animal escapará o evitará.] Rolls, 2017:121

cognitivas, entre otras; en el capítulo *Arte Neuronal* veremos como la *Neurociencia* surge ante la necesidad de lo multi e interdisciplinar para comprender la mente, sumado a la relativa simpleza (que en sí misma entraña a la complejidad) de observar las partes y sus funciones. Ahora pensemos en las cualidades de la materia y la sustancia, desde las distintas disciplinas del conocimiento que intervienen, por mencionar a las mas evidentes: La *Física*⁵⁹ observando al *sistema nervioso* en tanto materia en su relación con el movimiento, con el espacio-tiempo, con sus magnitudes, con las interacciones fundamentales del universo (específicamente la nuclear fuerte y el electromagnetismo como las que rigen a lo neural) y con sus capacidades inherentes: fuerza, resistencia, flexibilidad, elasticidad, velocidad, equilibrio, orientación, reacción, ritmo, sincronización, diferenciación, potencia, adaptación, precisión. La *Química*⁶⁰ en tanto la composición, estructura y propiedades de esa materia desde el punto de vista sustancial y energético. La *Biología* en tanto ser vivo integral, desde su nivel molecular hasta como integrante de ecosistemas. La *Medicina* como el “conjunto de conocimientos y técnicas aplicados a la predicción, prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas”⁶¹. Sumaré a esa lista disciplinar a una que compete de modo directo a esta investigación: la *Estética*, que desde una perspectiva neuronal observa a lo relacionado con la senso-transdu-percepción de

⁵⁹ Del lat. *physīcus*, y este del gr. φυσικός *physikós* 'relativo a la naturaleza'; la forma f., del lat. *physīca*, y este del gr. [τὰ] φυσικά [tā] *physiká*. (RAE, 2022)

⁶⁰ “La forma f., del ant. quimia, este del ár. clás. *kīmiyā*['], y este del gr. χυμεία *chymeía* 'mezcla de líquidos'.” (RAE, 2022)

⁶¹ RAE, 2022

las cualidades estéticas de las cosas. Además de mencionar de modo especial a la *Ciencias Cognitiva* como ese conjunto de conocimientos que abordan a la mente cuya base estructural es el *encéfalo*, en este sentido entramos en uno de los territorios mas complejos de lo que implica el *sistema nervioso*, el que está lleno de cosas que pertenecen a la *realidad natural* pero aún no a la *realidad científica*⁶².

Tenemos entonces a un sistema compuesto de múltiples estructuras, con múltiples funciones, que intervienen en otros sistemas, distintos pero correlacionados, cuyos componentes son del interés de diversas disciplinas y que una buena parte pertenece a la realidad natural y no a la realidad científica, cuando menos aún, lo que significa que mucho de lo que implica son cosas que sabemos que existen y la lingüística les puso nombre, pero no podemos comprobar, en algunos casos en absoluto y en otros parcialmente.

Brains are characterized by every property that engineers and computer scientists detest and avoid. They are chaotic, unstable, nonlinear, non stationary, non-Gaussian, asynchronous, noisy, and unpredictable in fine grain, yet undeniable they are among the most successful devices that a million years of evolution has produced.⁶³

He aquí la complejidad de un estudio como este, que va también marcando el camino de llevar todo este conocimiento al vínculo con la creación artística. El camino propuesto en este capítulo trata de

⁶² Remítase al subtema *Construcción de la realidad, mediación de los sentidos*.

⁶³ [Los cerebros se caracterizan por cada propiedad que los ingenieros y los científicos en computación detestan y evitan. Son caóticos, inestables, no lineales, no estacionarios, no Gaussianos, asincrónicos, ruidosos e impredecibles en grano fino, pero es innegable que se encuentran entre los más exitosos dispositivos que se han producido en un millón de años de evolución.] Freeman, 2001:1

diseccionar los elementos del sistema, observándolos uno a uno para luego comenzar a notar las relaciones entre ellos.

2.2. *Neurona y Conexión Sináptica*

La *neurona* es la unidad básica del *sistema nervioso*, verla de este modo nos puede llevar a cometer el error de creer que se trata de una estructura relacionada con la simpleza, sin embargo es notable que esta pequeña estructura entraña también una profunda complejidad.

If we are to understand how the mind-brain works, it is essential that we understand as much as possible about the fundamental elements of nervous systems, namely, neurons. Limits on the number of neurons, on the number of connections between neurons, and, perhaps most importantly, on the time course of neuronal events will highly constrain models of perception, memory, learning, and sensorimotor control.⁶⁴

Pensemos la idea como fractales, el *todo* está compuesto de partes similares a él, que a su vez están compuestas de partes similares y el patrón se repite, en lo macro y en lo micro; cada parte es tan simple como compleja en función al modo en que se relaciona consigo y el entorno.

En cuanto al conocimiento de la *neurona*, la invención del microscopio permitió tener un instrumento para que pudiéramos observar mucho de lo que nos es imposible a simple vista. Dentro del proceso sináptico se involucran componentes celulares, moleculares, atómicos y

⁶⁴ [Si queremos entender cómo funciona la mente-cerebro, es esencial que entendamos tanto como sea posible acerca de los elementos fundamentales del *sistema nervioso*, las neuronas. Los límites en el número de neuronas, en el número de conexiones entre neuronas y, quizás lo más importante, en el curso temporal de los eventos neuronales, restringirán en gran medida los modelos de percepción, memoria, aprendizaje y control sensorio-motor.] Churchland, 1986:35

energéticos para los que el microscopio electrónico ha sido crucial.

En los años 50, gracias a la aplicación del microscopio electrónico, dotado de un poder de resolución que excedía el alcance del microscopio óptico, se comprobó que existía un <<espacio sináptico>>, ya predicho por Cajal y Sherrington.⁶⁵

Las *neuronas*, entendidas a nivel histológico como “unidades básicas estructurales y funcionales del *sistema nervioso* (...) especializadas en recibir información, transmitir impulsos eléctricos e influir en otras neuronas o tejidos efectores.”⁶⁶, pueden comunicarse mediante señales eléctricas y químicas, entre ellas o con células de otro tipo como las fibras musculares, permitiendo que todo tipo de información que llega y es procesada en el *sistema nervioso*, viaje a través de su red. Dichas neuronas están formadas por: un soma o pericarion (cuerpo celular); un axón y una o varias prolongaciones cortas y ramificadas llamadas dendritas. El soma constituye la sustancia gris, sustancia que forma la corteza cerebral y carece de mielina, por lo tanto no es capaz de transmitir rápidamente los impulsos nerviosos. El axón conduce los impulsos hacia otras neuronas; la sustancia blanca está formada por conjuntos (haces) de axones envueltos en mielina. Las dendritas son prolongaciones que se ramifican cerca del cuerpo celular, en este sentido la diferencia con el axón es que este conduce los impulsos a destinos más alejados. Las *neuronas* se tipifican según distintas características o circunstancias:

⁶⁵ Blanco, 2014:111

⁶⁶ Haines, 2014

<i>Por el tipo de células</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Neurona a neurona</u> • <u>Neurona a célula muscular</u> • <u>Neurona a célula secretora</u>
<i>Por los efectos postsinápticos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Excitadora</u>. Una despolarización de tamaño suficiente en la membrana postsináptica, resultado de la transmisión de información, liberará potenciales de acción. • <u>Inhibitoria</u>. Se bloquea la liberación de potenciales de acción.
<i>Por el lugar de contacto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Axosomáticas</u>. Un axón hace sinapsis sobre el soma de la neurona postsináptica. Frecuentemente son inhibitorias. • <u>Axodendríticas</u>. Un axón hace sinapsis sobre una dendrita postsináptica. La sinapsis se puede dar en la rama principal de la dendrita o en zonas especializadas de entrada, las espinas dendríticas. Frecuentemente son excitadoras. • <u>Axoaxónicas</u>. Un axón hace sinapsis sobre un axón postsináptico. Suelen ser moduladoras de la cantidad de neurotransmisores que liberará el axón postsináptico sobre una tercera neurona.
<i>Por la forma de transmisión de la información</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Sinapsis eléctrica</u>. Permite la transferencia de corrientes iónicas directamente de una célula a otra, por medio de uniones de pequeños canales formados por el acoplamiento de complejos proteicos, con proteínas llamadas conexinas. • <u>Sinapsis química</u>. La transmisión de información se da gracias a la liberación de sustancias químicas (neurotransmisores) por parte de la neurona presináptica, que interaccionan con moléculas específicas de la célula postsináptica (receptores), lo que ocasiona cambios en el potencial de membrana postsináptico. La naturaleza de los neurotransmisores determina cuál será el potencial de acción (impulso eléctrico) que recibirá la neurona postsináptica.

Tab. 1 Tipificación neuronal

Ahora, en cuanto a la tipificación por la forma en que las neuronas

transmiten la información, la *sinapsis*⁶⁷ es la unión intracelular de las neuronas que permite que un impulso nervioso sea transmitido, “es la zona donde la prolongación de una *neurona* (generalmente un terminal axónico) se comunica con una segunda *neurona* o con una *célula efectora* (glandular o muscular)”⁶⁸. Y los *neurotransmisores*⁶⁹ se dividen en dos grandes grupos: excitatorios e inhibitorios; nuestro cerebro es una red de comunicación entre ellos. El *locus cerúleo*, altamente vinculado con la creatividad, es el núcleo mas grande de norepinefrina o noradrenalina, que puede actuar como hormona (como una sustancia química que va por la sangre controlando la actividad de otras células) o como neurotransmisor, que sirve para formar otros neurotransmisores, es tanto materia prima como neurotransmisor final.

Un neurotransmisor (NT) es una sustancia proteínica que es liberada por una neurona a nivel sináptico y afecta a la célula postsináptica, que puede ser neurona, músculo o glándula. La principal diferencia con las hormonas es que estas últimas se liberan a la circulación general.⁷⁰

⁶⁷ La sinapsis general (...), habiéndose denominado a veces sinapsis electroquímica. Se compone de un elemento presináptico, que es parte de un axón; un espacio o hendidura sináptica, y la región postsináptica de la neurona o estructura efectora inervada. (...) Un impulso eléctrico (potencial de acción) provoca la liberación de una sustancia neuroactiva (un neurotransmisor, neuromodulador o neuromediador) desde el elemento presináptico hacia la hendidura sináptica. Esta sustancia se encuentra almacenada en vesículas sinápticas del elemento presináptico y se libera al espacio sináptico por la fusión de dichas vesículas con la membrana celular. El neurotransmisor difunde rápidamente a través del espacio sináptico y se une a los receptores localizados en la membrana postsináptica. De acuerdo con la acción del neurotransmisor sobre los receptores, la neurona postsináptica puede ser excitada (se facilita la generación de un potencial de acción) o inhibida (se dificulta la generación del potencial de acción). En la hendidura sináptica los restos de neurotransmisores son inactivos rápidamente por medio de otras sustancias químicas presentes en este espacio. (Braun, 1997)

⁶⁸ Haines, 2014

⁶⁹ Existen tres criterios primarios para considerar a una molécula como un auténtico neurotransmisor:

- a) La sustancia debe estar presente dentro de la neurona presináptica.
- b) La sustancia debe ser liberada en respuesta a la despolarización presináptica y debe ser dependiente de la entrada del calcio.
- c) En la membrana postsináptica deben existir receptores específicos para la sustancia. (Hernández, 2011:93)

⁷⁰ Hernández, 2011:93

Los *neurotransmisores* pueden tener un efecto agonista y uno antagonista en la misma neurona y cambiar su efecto entre cada una, así que aún no se puede medir con exactitud lo que pasa con ellos en cada cuerpo humano. La neurotransmisión es un fascinante fenómeno que sucede entre la objetividad del comportamiento físico-químico y la subjetividad de lo que producen en cada cuerpo humano según su cantidad, frecuencia y relación entre ellos.

El impacto de la cuarta disciplina, la Farmacología, comenzó al final del siglo XIX cuando Claude Bernard, Paul Ehrlich y John Langley demostraron que los fármacos interaccionan con receptores específicos en las células. Este descubrimiento constituye la base del estudio moderno de la transmisión química sináptica y de la Neurofarmacología actual.⁷¹

Oscar Hernandez (2011) nos dice que existen dos clases de neurotransmisores: “**moléculas pequeñas y péptidos neuroactivos (o neuropéptidos)**. Estos últimos son moléculas relativamente grandes compuestas de tres a 36 aminoácidos. En cambio, las moléculas pequeñas son, como su nombre lo indica, menores a este tamaño”. Hernández presenta la siguiente clasificación, a la que sumé la tercera columna relacionada con algunas funciones de estas sustancias.

⁷¹ Cavada, 2017

<i>Moléculas pequeñas</i>	<i>Localización</i>	<i>Algunas funciones</i>
Acetilcolina (El primer neurotransmisor descubierto)	Unión neuromuscular Fibras autónomas preganglionares Fibras parasimpáticas posganglionares	Puede ser excitador o inhibidor. Participa en el control motor, la activación de SNA, el sueño REM, la producción de hormonas, la mediación de la conciencia, la atención, el aprendizaje, la formación de recuerdos, la percepción del dolor...
Glutamato	Corteza cerebral Tallo encefálico	El excitador más abundante en el encéfalo. Regula los sistemas motores, cognitivos y sensitivos además de tener un papel fundamental en la plasticidad.
Glicina	Médula espinal Retina	Es inhibitorio del sistema nervioso central, la retina, el tallo y la médula. Es un aminoácido no esencial que contribuye a la formación de proteínas.
Ácido γ-aminobutírico (GABA)	Médula espinal Cerebelo Corteza	Es principal neurotransmisor inhibitorio del SNC.
Adrenalina y noradrenalina (Epinefrina y Norepinefrina)	Médula espinal Hipotálamo Tálamo	Las hormonas del estrés. Ponen al cuerpo en alerta ante situaciones de riesgo para activar los métodos de supervivencia.
Serotonina	Médula espinal Hipotálamo Sistema límbico Cerebelo	Relacionado con las emociones y los estados anímicos. Regula el apetito. Participa en la cognición, la percepción, las funciones motoras, los mecanismos de ansiedad, miedo, agresividad.
Dopamina	Ganglios basales Hipotálamo Sistema límbico	Causante de sensaciones placenteras. Activa el sentido de defensa, de competencia, influye en los estados anímicos, lo deseo sexuales, la satisfacción, las emociones fuertes, el enamoramiento, la motivación. Regula la memoria y la creatividad.
Histamina	Hipotálamo	En el SNC es un neuromodulador de la actividad neuronal. Participa de modo fundamental en el ciclo sueño-vigilia.

<i>Neuropéptidos</i>	<i>Lugar</i>	
Encefalinas, endorfinas y dinorfinas	Sustancia gelatinosa Retina	Relacionados con el sistema opioide que regula el dolor, el comportamiento adictivo, el sistema de estímulo recompensa.
Sustancia P	Aferentes primarias de nocicepción	Participa en la sensibilidad nociceptiva, es decir en la percepción del dolor.
Somatostanina	Hipotálamo Sustancia gelatinosa	Modula funciones endocrinas.
Gastrina	Hipotálamo Bulbo raquídeo	Participa en funciones gastrointestinales.
Colecistoquinina	Hipotálamo Corteza	Relacionada con la percepción del dolor y la ingesta de alimentos.
Vasopresina	Hipófisis Médula espinal	Participan en la síntesis y segregación de hormonas. Investigaciones recientes indican que actúa en la amígdala en relación al miedo.
Oxitocina	Hipófisis Médula espinal	Interviene en la afectividad y la sexualidad, regulando comportamientos sociales, sentimentales y sexuales. También participa en la memoria, el aprendizaje. Estudios recientes señalan que tiene mucho que ver con la neuroplasticidad.
Secretina	Hipotálamo Tálamo	Participa en funciones gastrointestinales. Muy relacionada con la digestión.
Glucagon	Hipotálamo Retina	Ayuda a controlar los niveles de glucosa. Interviene en el metabolismo.
Hipocretina	Hipotálamo	Relacionada con el placer y las emociones.

Tab. 2 Neurotransmisores

2.3. Neurociencia de los Sistemas

La moderna neurociencia de sistemas investiga el procesamiento de la información a gran escala en el cerebro, también de capacidades como la sensación, la percepción, el aprendizaje, la memoria y el lenguaje. En ella convergen numerosas ramas que, con anterioridad, habían llevado a cabo aportaciones destacables a la comprensión de estas dinámicas, pero cuyos enfoques sólo han comenzado a integrarse en las últimas décadas para obtener un entendimiento más cabal de las funciones mentales (...)⁷²

Carlos Blanco

Hemos hablado ya de que los humanos realizamos procesos de comunicación en ciclos constantes en los que la información viaja y se modifica entre lo intra a lo extracorporal, y de que este transito de información requiere de sistemas complejos, entre otras cosas dado que ésta no puede existir en el mismo estado material en el interior y en el exterior del cuerpo, hay un proceso fundamental que permite este transito de información: la *transducción*, un cambio de medio energético para la transmisión de información en el que los fotones de luz, las sustancias químicas de los alimentos, las ondas sonoras, etcétera, se transducen a información electroquímica, estado en el que

⁷² La neuropsicología, que desde el siglo XIX (principalmente con la frenología de Franz Joseph Gall) se había interesado en la elucidación de las regiones cerebrales involucradas en las funciones de orden superior. La neuroanatomía, destinada a estudiar la estructura de los componentes cerebrales, así como su conectividad. Clave en el progreso de este campo resultaron, como hemos visto, las aportaciones de Golgi (su método de tinción argéntica permitía visualizar al microscopio neuronas individuales) y las de Ramón y Cajal, quien supo emplear tal técnica para extraer las conclusiones adecuadas sobre la organización del sistema nervioso. La neurofisiología, rama que en su momento esclareció la electrofisiología de las neuronas individuales y, en los años 60, efectuó grandes avances en la comprensión de los sistemas somatosensorial (gracias, en gran medida, al trabajo de Mountcastle) y visual (Hubel y Wiesel). La psicofísica, que en el siglo XIX se propuso estudiar científicamente la relación entre el comportamiento y los procesos que tienen lugar, de modo concomitante, en el sistema nervioso, con el fin de identificar los mecanismos neuronales subyacentes a la conducta. Las ciencias computacionales, que han cobrado gran vigor en los últimos años por su capacidad de análisis sobre las distintas redes neuronales. (Blanco, 2014:128)

puede viajar dentro del cuerpo⁷³. Las puertas de entrada de esta información se encuentran en las células receptoras de los *sistemas sensoriales* que permiten su ingreso y procesamiento.

Las neuronas que reciben información del entorno se denominan neuronas sensitivas primarias. En esta categoría se incluyen fotorreceptores, quimiorreceptores, mecanorreceptores, termorreceptores y nociceptores. (...) En la mayoría de neuronas sensitivas primarias el estímulo provoca un potencial despolarizante gradual, denominado potencial generador. El proceso de conversión de la entrada sensorial en una forma interpretable por el sistema nervioso es la transducción. Cada tipo de receptor sensitivo transduce un estímulo químico o físico externo en cambios eléctricos o químicos que pueden entonces transmitirse como señales dentro del sistema nervioso.⁷⁴

Los *receptores sensoriales* son neuronas especializadas para que los *sistemas sensoriales* reciban información. Estos receptores se encuentran en partes específicas de los órganos sensoriales: la lengua, la piel, la nariz, los ojos, los oídos; y se clasifican según distintos criterios, por ejemplo, por el tipo de estímulo que reciben:

Electrorreceptores	Sensibles a corrientes de campos eléctricos
Mecanorreceptores	Sensibles a cambios de energía mecánica
Fotorreceptores	Sensibles a energía fotónica
Termorreceptores	Sensibles a la temperatura
Quimiorreceptores	Sensibles a sustancias química
Nociceptores	Sensibles a cambios asociados con el daño celular

Tab. 3 Receptores sensoriales por el tipo de estímulo

⁷³ (...) Los fotorreceptores de la retina (conos y bastones) están especializados en la transducción de la energía lumínosa que llega en forma de fotones (...). En humanos las células receptoras del gusto y el olfato median los dos tipos principales de quimiorrecepción (...). Los mecanorreceptores transducen fuerzas físicas de diferente naturaleza en señales eléctricas que son transmitidas por neuronas sensitivas (...). Como otro tipo de receptores sensoriales se encuentran los termorreceptores, que perciben cambios de temperatura en piel y vísceras y los nociceptores, que transducen estímulo nocivo (...). (Duane, 2014)

⁷⁴ Haines, 2014

O por la procedencia del estímulo:

Exterorreceptores	Sensibles a estímulos procedentes del medio externo
Interoceptores	Sensibles a estímulos procedentes del medio interno, como presión arterial, respiración, oxigenación...
Propioceptores	Sensibles a cambios de posición del cuerpo en el espacio

Tab. 4 Receptores sensoriales por procedencia de estímulo

Hernández Vázquez (2011:72) nos comparte la siguiente tabla sobre la clasificación de esas *células receptoras sensoriales*.

SENTIDO	RECEPTORES	TIPO DE ENERGÍA	UBICACIÓN	ESTÍMULOS
Visión	Conos y bastones	Electro-magnética	Retina	Externos
Audición	Células ciliares	Mecánica	Órgano de Corti, oído interno	Externos
Somatosensorial	Superficial: corpúsculos de Pacini, de Merkel, de Ruffini, de Krause	Mecánica	Epidermis y dermis	Externos
Somatosensorial	Profundo: corpúsculos de Pacini, libres, de Rufini	Mecánica	Músculo, articulaciones, tendones	Externos internos
Fuerza muscular	Órganos tendinosos de Golgi	Mecánica	Tendones	Internos
Estiramiento muscular	Husos musculares	Mecánica	Musculoesquelético	Externos Internos

SENTIDO	RECEPTORES	TIPO DE ENERGÍA	UBICACIÓN	ESTÍMULOS
Presión arterial	Barroreceptores	Mecánica	Cuerpos aórticos y carotídeos, venas, corazón, pulmones	Internos
Equilibrio	Células ciliares	Mecánica	Cresta ampular vestibular del oído interno	Internos
Propiocepción	Terminaciones en rosetón Husos musculares Órganos tendinosos de Golgi	Mecánica	Articulaciones Musculoesquelético Tendones	Internos
Nocicepción (dolor)	Terminaciones libres	Mecánica, química, eléctrica, térmica.	Piel, vísceras, músculo, articulaciones	Externos Internos
Olfato	Neuronas de la mucosa olfatoria	Química	Mucosa nasal	Externos
Gusto	Botones gustativos	Química	Lengua	Externos
Sed	Osmorreceptores	Química	Hipotálamo	Internos
Hambre	Células glocostáticas	Química	Hipotálamo	Internos
PO2	Quimiorreceptores	Química	Cuerpos aórticos y carotídeos	Internos
PH	Quimiorreceptores	Química	Cuerpos aórticos y carotídeos	Internos
POC2	Quimiorreceptores	Química	Cuerpos aórticos y carotídeos	Internos
Temperatura	Terminaciones libres	Térmica	Piel y órganos	Externos Internos

Tab. 5 Células receptoras sensoriales

En cuanto a los *sistemas sensoriales* del cuerpo humano, el siguiente esquema nos da una idea de la cada vez mas específica clasificación actualmente reconocida y vigente. Se clasificó con base en los libros *PRINCIPIOS DE NEUROCIENCIA, Aplicaciones básicas y clínicas* (2014)⁷⁵ y *NETTER ATLAS DE NEUROCIENCIA* (2016)⁷⁶ y se suma lo relacionado con los demás sistemas que se correlacionan con los sensoriales en el funcionamiento corporal general.

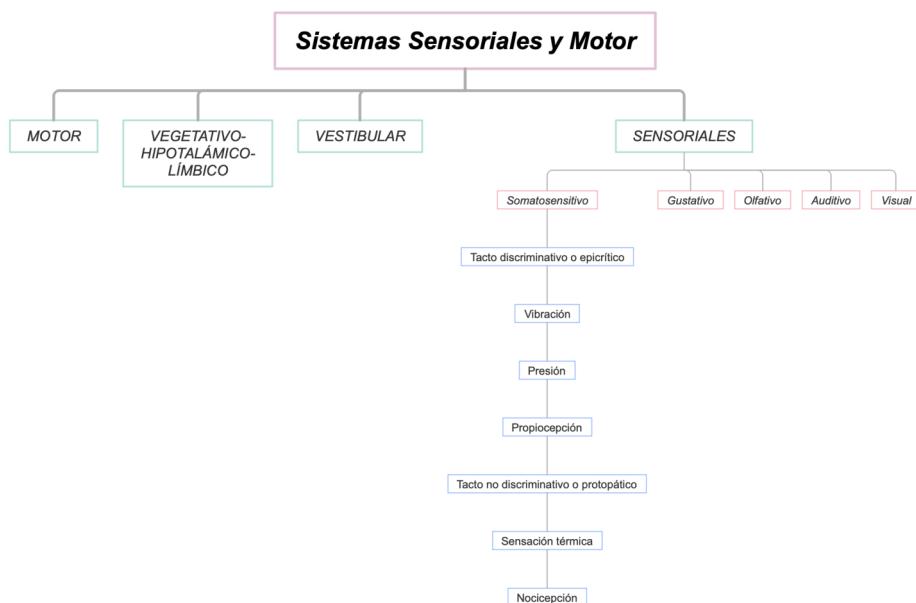


Fig. 7 Sistemas sensoriales y motor

El *SISTEMA MOTOR* motor es el encargado del producir movimientos al convertir señales nerviosas en fuerzas musculares que permiten la planificación, coordinación y ejecución de movimientos. Involucra a la médula espinal, el tronco del encéfalo y la corteza cerebral motora. Por un

⁷⁵ Haines, 2014

⁷⁶ Felten, O'Banion & Maida, 2016

lado está el *sistema motor y sus motoneuronas*⁷⁷, relacionado con el sistema de la sensibilidad periférica del tronco encefálico y la médula; dichas motoneuronas activan los músculos para que las distintas partes del cuerpo produzcan movimientos. Por otro lado tenemos al sistema motor de los movimientos voluntarios y que están controlados por el córtex cerebral.

Parece que cepillarse los dientes fuera un simple movimiento voluntario. Pero, en realidad, la base neuronal de esta acción es muy compleja. Por ejemplo, se utilizan los músculos de la extremidad superior en coordinación con los mandibulares, mientras que los del cuello y la espalda proporcionan apoyo postural. La retroalimentación sensitiva de los dientes y las encías se combina con las aferencias musculares que transmiten señales de tensión y propioceptivas desde el antebrazo y la mano.⁷⁸

Por su parte el *SISTEMA VEGETATIVO-HIPOTALÁMICO-LÍMBICO* regula funciones como: respiración, digestión, metabolismo, cambios hídricos, control nervioso de los órganos sexuales y la musculatura interna del ojo, etcétera. En relación a la parte del *sistema límbico*⁷⁹, este regula las respuestas fisiológicas a ciertos estímulos, relacionadas instintos humanos como: memoria involuntaria, hambre, atención, instintos sexuales, emociones, personalidad o conducta.

⁷⁷ La actividad de estas motoneuronas depende de dos factores. En primer lugar, la información sensitiva periférica llega por las raíces posteriores y se transmite a las motoneuronas e interneuronas del asta anterior. En segundo lugar, abundantes proyecciones descendentes del córtex cerebral y del tronco encefálico, denominadas sistemas supraespinales, terminan en todos los segmentos de la médula y son responsables de una mezcla de influjos excitadores e inhibidores en las motoneuronas del asta anterior. (Felten, O'Banion & Maida, 2016:324)

⁷⁸ Felten, O'Banion & Maida, 2016:338

⁷⁹ En la década de 1930, James Papez propuso un circuito cerebral que era considerado la base para el control de la conducta emocional y que posteriormente asoció a la memoria, principalmente a la consolidación de los recuerdos inmediatos y a corto plazo, en recuerdos a largo plazo. En este circuito participan la formación del hipocampo (especialmente el cubículo) que se proyecta a través del fórmix o a los cuerpos mamílares (sobre todo los núcleos mediales), a través del tracto mamilotalámico a los núcleos talámicos anteriores, a través de la cápsula interna al córtex cingular anterior y a través de conexiones polisinápticas del cíngulo al córtex entorrinal, el cubículo y el hipocampo. (Felten, O'Banion & Maida, 2016:427)

El sistema nervioso vegetativo es una cadena de dos neuronas que conecta las neuronas preganglionares a través de los ganglios con los tejidos diana visceral (músculos cardíaco y liso, glándulas secretoras, células metabólicas y células del sistema inmunitario). (...) Las conexiones centrales del telencéfalo límbico, el hipotálamo y el tronco del encéfalo regulan el flujo de salida de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático hacia el resto del cuerpo (...).⁸⁰

En cuanto al *SISTEMA VESTIBULAR*, este posibilita el control de la postura y de los movimientos tanto del cuerpo como de los ojos con respecto al medio externo. Este comprende:

<i>Aparato receptor periférico</i>	Responsable de la transducción del movimiento y posición de la cabeza.
<i>Núcleos vestibulares centrales</i>	Conjunto de neuronas del tronco encefálico que reciben, integran y distribuyen la información que controla actividades como movimiento de ojos y cabeza, reflejos de la postura, reflejos vegetativos, entre otras.
<i>Red vestíbulo-ocular</i>	Interviene en el movimiento de los ojos.
<i>Red vestíbulo-espinal</i>	Coordina los movimientos de la cabeza, la musculatura axial y los reflejos posturales.
<i>Red vestíbulo-talamo-cortical</i>	Responsable de la percepción consciente del movimiento y la orientación espacial.

Tab. 6 Subdivisión del sistema vestibular

Ahora sumemos a los *SISTEMAS SENSORIALES*, los que posibilitan la entrada y procesamiento de la información sensorial proveniente del universo externo, en primer lugar hablemos del *sistema*

⁸⁰ Felten, O'Banion & Maida, 2016:423

*somatosensitivo*⁸¹, altamente complejo pues vincula la periferia del cuerpo con la médula espinal, el tallo encefálico, el tálamo y la corteza cerebral, analizando y transmitiendo la información de lo que normalmente conocemos como tacto; esto significa que esta relacionado con la senso-transdu-percepción de temperatura, vibración, niveles de presión y texturas.

Tacto discriminativo o epicrítico	Implica el reconocimiento del punto exacto que está siendo tocado y lo que ello genera en términos de sensación.
Vibración	Se relaciona con la repetición de señales sensoriales.
Presión	Se relaciona con la deformación de tejido profundo de la piel.
Propiocepción	Capacidad de ubicar la posición y postura corporal a partir de reconocer la posición de los músculos.
Tacto no discriminativo o protopático	No es capaz de reconocer el punto exacto que está siendo tocado.
Sensación térmica	Relacionada con los niveles entre lo que conocemos como frío y calor.
Nocicepción.	Relacionada con la sensación de dolor.

Tab. 7 Subdivisión del sistema somatosensitivo⁸²

Para provocar una sensación en el sistema somatosensitivo se deben activar las células receptoras de la información por movimiento, los

⁸¹ En general, el sistema somatosensitivo transmite y analiza la información táctil o del tacto, procedente de puntos externos e internos del cuerpo y la cabeza. El resultado de estos procesos permite apreciar la sensibilidad somática, que se puede subdividir en tacto discriminativo, vibración, propiocepción (sensibilidad postural), tacto no discriminativo, sensación térmica (frío y calor) y nocicepción (dolor). Las siguientes vías anatómicas son funcionalmente independientes y transmiten dichas señales: 1) la vía de la columna dorsal-lemnisco medial, 2) las vías trigeminotálicas, 3) las vías espinocerebelosas y 4) el sistema arterolateral. (Haines, 2014:226)

⁸² División basada en: Haines, 2014

mecanorreceptores. La presión mecánica llega a la membrana de los mecanorreceptores ocasionando despolarización, es decir que la membrana de una neurona tienen un potencial de membrana con distinta concentración de iones en cada lado, principalmente iones de sodio y potasio. Las membranas en reposo usualmente tienen un potencial negativo al interior, cuando llega el impulso se abren canales que permiten el intercambio de iones y el potencial de membrana cambia a positivo permitiendo la despolarización que al alcanzar determinado valor en su umbral de acción genera un impulso eléctrico que viaja a lo largo de la membrana y posibilita la transmisión de información. Después de la apertura de los canales se produce una repolarización de la membrana, dando paso al reposo hasta que llegue un nuevo impulso que la reactive. Este proceso activa la transducción de la información mecánica para convertirla en impulsos electro químicos. Haines (2014:226) da un ejemplo basado en llevar la mano a una bolsa, para sentir qué monedas hay allí recopilaremos información de tamaño, forma, temperatura, etcétera, mediante la activación de los receptores del sistema somatosensitivo.

Para saber si se trata de la cara nos servimos de los receptores de adaptación lenta, que son sensibles a estímulos que deprimen la piel. El tamaño de las monedas se distingue pasando por el borde las puntas de los dedos, en las que se activan receptores de adaptación rápida. Esta información se transmite al córtex cerebral por una vía polisináptica denominada sistema de la columna dorsal-lemnisco medial. El mismo tiempo, gran parte de esta información, junto con la correspondiente a la tensión y longitud de los músculos, se transmite también al córtex cerebeloso, donde se utiliza para regular la actividad muscular que permite manipular las monedas. Las vías

espinocerebelosas intervienen en estas funciones somatosensitivas inconscientes.⁸³

Ahora abordemos al *sistema gustativo* que pertenece junto con el *olfativo* a lo que algunos llaman *sentidos químicos*. Este permite percibir y procesar información relacionada con los sabores de las cosas. Los botones gustativos⁸⁴ son los órganos sensoriales donde se encuentran los receptores de los estímulos de esta índole y "se localizan en la región anterior y posterior de la lengua y, con menos frecuencias, en el paladar y la epiglotis, principalmente en niños.(...) La interpretación integrada del gusto se produce en el SNC"⁸⁵. En general la transducción gustativa inicia cuando las sustancias químicas solubles se difunden por el contenido del poro gustativo e interaccionan con los receptores localizados en las micro vellosidades de dichos botones gustativos.

Por su parte los transductores responsables de senso-transdu-percibir las moléculas de olor en el *sistema olfativo* están en la mucosa olfatoria. La recepción olfatoria comienza cuando las moléculas olorosas volátiles se inhalan y entran en contacto con el moco olfatorio que es una concentración de proteínas y electrolitos, las sustancias olorosas cruzan la primera capa de moco y se unen a los receptores de

⁸³ Haines, 2014:226

⁸⁴ Los botones gustativos son transductores quimiosensibles constituidos por haces de células cilíndricas localizadas dentro del epitelio. Transducen configuraciones moleculares específicas o combinaciones de moléculas de las sensaciones saladas, dulces, amargas y ácidas en potenciales de acción en los axones sensitivos primarios grandes y pequeños. (Haines, 2014:319)

⁸⁵ Felten, O'Banion & Maida, 2016:367

las neuronas receptoras olfatorias, produciendo la transducción.⁸⁶

En cuanto al *sistema auditivo*, está relacionado con la senso-transducción de volumen, frecuencia, intensidad, tono, timbre y las distintas cualidades y calidades del sonido⁸⁷. El oído recibe ondas sonoras en la membrana timpánica y transmite señales auditivas al *sistema nervioso central*. Las ondas sonoras se captan en el oído externo y van por el conducto auditivo hacia la membrana timpánica; en seguida pasan por el oído medio, compuesto por un espacio lleno de aire y los huesos: martillo, yunque y estribo que compensan la resistencia entre los sistemas acuoso y líquido, dando paso a las ondas hacia la cóclea en el oído interno. En la cóclea se encuentra el laberinto membranoso lleno de líquido y las células ciliadas internas que son los transductores que convierten la fuerza mecánica de las

⁸⁶ El bulbo y el tracto olfatorios, que transmiten información sensitiva, se sitúan sobre la cara anterior del lóbulo frontal en el surco olfatorio. En el punto donde el tracto olfatorio de adhiere al hemisferio, se bifurcan en las estrías medial y lateral. El triángulo formado por esta bifurcación se denomina trigono olfatorio. Inmediatamente caudal a este trigono, la superficie del hemisferio se caracteriza por numerosos orificios pequeños formados por la entrada de vasos (arterias lentículo-estriadas) en le cerebro; esta es la sustancia perforada anterior. El tracto y las estrías olfatorias y los grupos de células asociadas de la sustancia perforada anterior están vinculados funcionalmente con el sistema límbico. (Haines, 2014:213)

⁸⁷ La frecuencia de los sonidos audibles se mide en ciclos por segundo o hercios (Hz). Una onda sinusoidal describe el aumento y disminución cíclicos de la compresión de las moléculas de aire que constituyen un tono puro, el intervalo de tiempo que transcurre entre dos máximos es el periodo, la distancia recorrida es la longitud de onda y el número de ciclos por segundo es la frecuencia. En cuanto a la intensidad del sonido, esta es la amplitud entre los valores máximo y mínimo de la fuerza ejercida en la membrana timpánica; el intervalo de frecuencia normal para el ser humano es de 50 a 16,000 Hz, la mayor parte del habla humana está en el intervalo de 100 a 8000 Hz y la parte mas sensible está de 1000 a 3000 Hz.

ondas sonoras en señales eléctricas.⁸⁸

Y finalmente tenemos al *sistema visual*⁸⁹ en el que de modo general “Los conos y bastones de la retina son las células receptoras responsables de la fotorrecepción, el proceso por el que se detectan los fotones y se transduce la información en señales electroquímicas.”⁹⁰

(...) debido a la forma en que el sistema nervioso convierte las imágenes ópticas en señales nerviosas y finalmente en experiencias visuales, desde un punto de vista técnico es más fácil estudiar el sistema visual que otros sistemas sensoriales. Por eso tanto la anatomía como la fisiología del sistema visual se han estudiado en más profundidad que en otros sistemas sensoriales, y se conocen mejor los mecanismos neurales por los que la energía física del entorno se traduce en percepciones psicológicas en el sistema visual que en cualquier otro sistema sensorial.⁹¹

Los conos son células sensibles a la luz responsables de la percepción del color, la retina tiene tres tipos adaptados a diferentes longitudes de onda: 1) Conos L que detectan la luz en una longitud de onda larga,

⁸⁸ El proceso de transducción del sonido implica una compleja transducción mecánica de ondas sonoras a través del oído externo, el conducto auditivo externo y le timpano, y es en este donde se convierte en una fuerza mecánica, gracias a los huesos del oído medio (osículos) a través de la ventana oval para generar una onda de líquido en el conducto coclear. Esta onda de líquido determina el movimiento diferencial de la membrana basilar, que estimula los cilios de la porción apical de las células ciliadas para que liberen neurotransmisores que estimulan a los axones sensitivos primarios de las neuronas del ganglio coclear (espiral). La membrana basilar de la cóclea muestra el máximo desplazamiento espacial en función de la frecuencia de los tonos que la golpean, de forma que las frecuencias bajas estimulan al máximo el vértice (helicotrema) y las altas estimulan la base. La trompa de Eustaquio (faringotimpánica) permite equilibrar las presiones entre el oído medio y el exterior. (Felten, O'Banion y Maida, 2017:369)

⁸⁹ Al igual que otros sistemas sensoriales, el sistema visual crea un <<mapa visual>> codificado de la localización (**visuotópico**) de su campo sensitivo (el campo visual) que se mantiene en todos los niveles. La información luminosa se recibe en los fotorreceptores de la retina, donde se produce el procesamiento inicial de la señal visual. Aun que la retina se proyecta a diversas estructuras diencefálicas y mesencefálicas, la mayor parte de los axones retinianos termina en un n úcleo de relevo talámico, el n úcleo geniculado lateral, que a su vez inerva el c órtex visual, primario, una regi ón del l óbulo occipital. Desde ah í la informaci ón se env ía a algunas **áreas de asociaci ón visual** en los l óbulos occipital, temporal y parietal. (Haines, 2014:267)

⁹⁰ Haines, 2014:270

⁹¹ Zeki, 1995

cuya media es de 564 nanometros, correspondiente a luz roja; 2) Conos M que detectan la luz en una longitud de onda media, cuya media (valga la redundancia) es de 533 nanometros, corresponde a luz verde; 3) Conos S que detectan la luz en una longitud de onda corta, cuya media es de 437 nanometros y corresponde a luz azul.

Como los espectros de los tres tipos de conos son diferentes pero se superponen, cualquier longitud de onda de la luz del espectro visual (escala inferior) producirá un conjunto de intensidades de respuesta en los tres tipos de conos, diferentes del producido por cualquier otra longitud de onda. Así se logra codificar de forma exclusiva todos los colores del espectro visual.⁹²

Por su parte los bastones son responsables de la visión con poca luz, cuando están en condiciones de mucha luz se saturan y no son capaces de percibir el color⁹³. Y a los conos y bastones hay que sumar las células ganglionares con melanopsina que comprenden únicamente el 1% de las células ganglionares en la retina humana pero son especialmente sensibles a la luz azul en el rango de los 480 nanometros; por esta razón algunos las consideran como un tercer tipo de fotorreceptor.

Los *sistemas sensoriales* son mediadores biológicos que permiten abstraer de *lo real* aquello que conformara nuestra *realidad* (remitirse

⁹² Haines, 2014:271

⁹³ Una referencia importante de la cara medial de lóbulo occipital es el surco calcarino. Este surco separa la cuña, que está por encima de él, del giro lingual, que está localizado por debajo. El córtex primario (área 17 de Brodmann) se localiza en las porciones de estos giros que se encuentran directamente por encima y por debajo del surco calcarino. La lesión del córtex visual primario de un lado produce una pérdida de la aferencia visual del hemicampo visual contralateral de cada ojo. Esto se denomina hemianopsia homónima y puede ser especificada aún más como derecha o izquierda, dependiendo de si la lesión afecta a la mitad derecha o izquierda de cada campo visual. (Haines, 2014:217)

al subtema *Construcción de la realidad, mediación de los sentidos*), permiten la comunicación del ser humano con su entorno, sin embargo es una comunicación limitada, convirtiéndose así en nuestra ventana y al mismo tiempo en nuestro límite con el exterior. Las fronteras de los sistemas sensoriales están delimitadas, se encuentran en zonas específicas (casi todos cerca del encéfalo) y nos permiten reconocer sólo cierto tipo y rango de información. Los espectros de lo sensorial son mucho más amplios de lo que los seres humanos podemos conocer por determinación biológica, pero no descartemos la posibilidad de ampliación de los rangos senso-transdu-perceptivos, a partir de la propia naturaleza humana o por medio de la tecnología. Los *sistemas sensoriales* están relacionados con aquello que se experimenta al entrar en contacto con la materialidad y sustancialidad de lo otro, con aquello que nos provoca este encuentro y que nos permite categorizarlo. Estos sistemas forman parte del mecanismo de la experiencia estética en general, la del Arte en particular, relacionada con la recepción y expresión constituida en piezas artísticas donde se reflejan fragmentos de lo que hay en el interior de quien las crea.

La siguiente sección es una serie de ilustraciones comentadas. Un ejercicio en honor a personajes como Vesalius, Leonardo Da Vinci o Santiago Ramón y Cajal, presentado con profunda humildad y que no trata de emularlos igualarlos, es imposible, simplemente de rendirles un tributo con mucha admiración, y también cariño por esta investigación.

Ilustraciones Didier Cortés

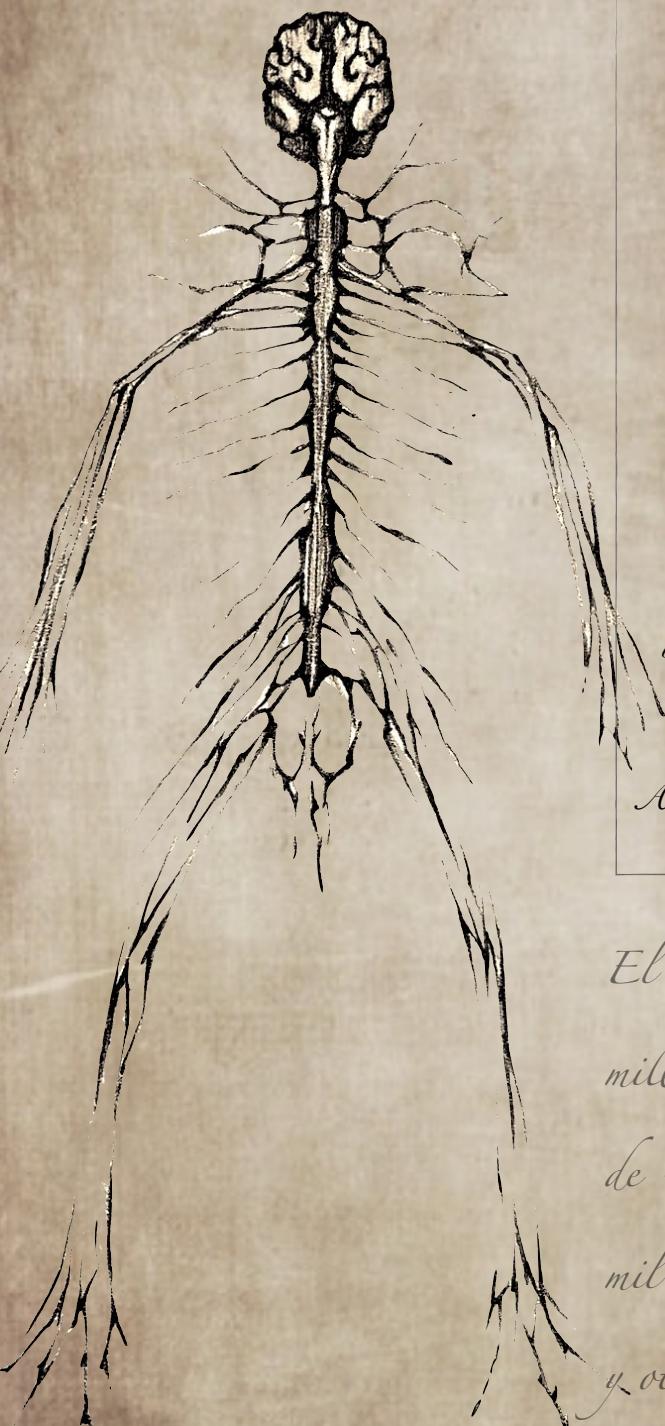
Comentarios Díaz Ordaz

ENCEfalO

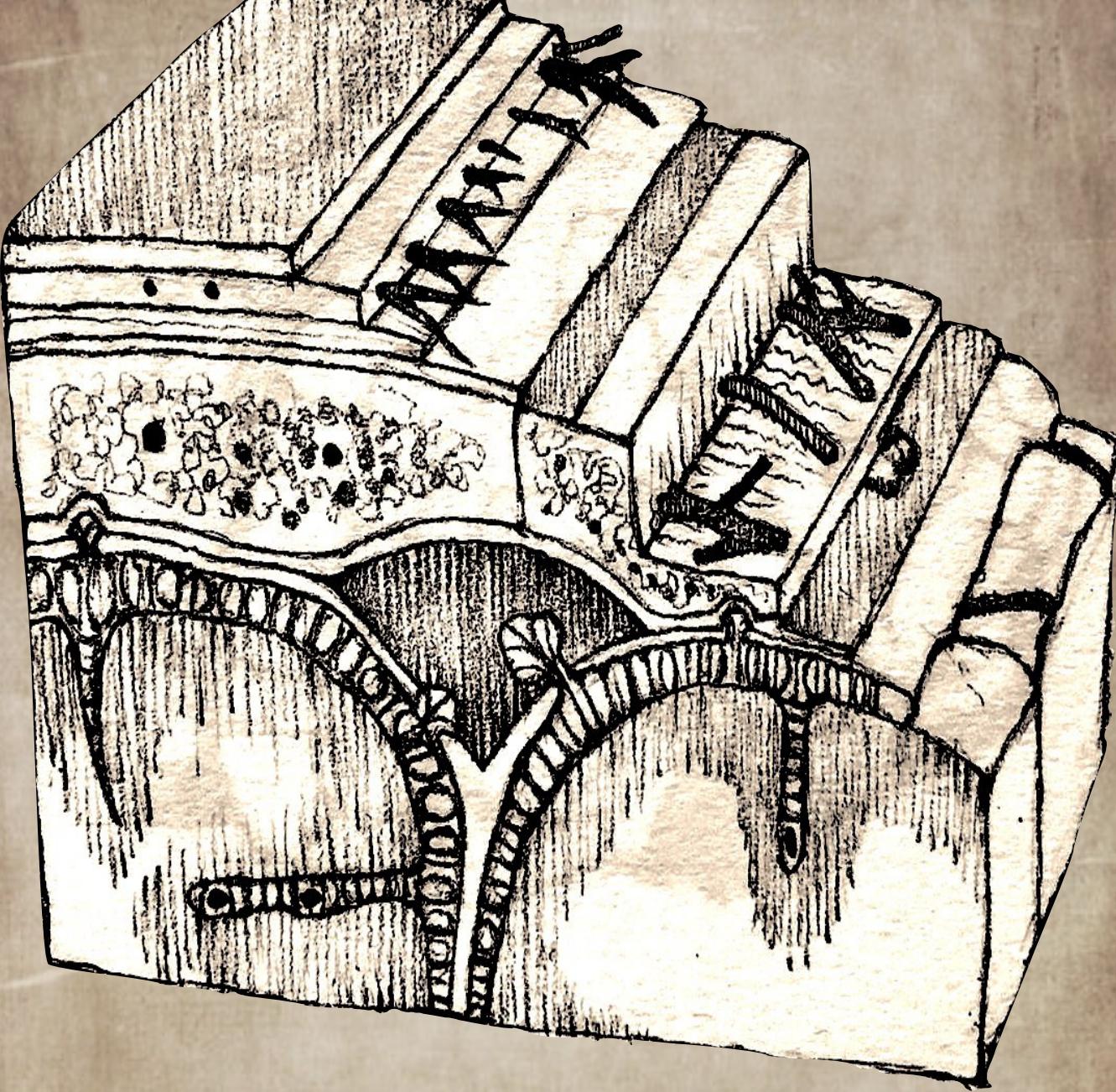
Día

1

Nadie nunca le dijo,
que una lesión en las fibras de asociación
puede desconectar regiones del córtex,
alterar su función lingüística
y su conducta.
Por fin lo supo,
lo escuchó de por ahí.
Ahora, cuando se sube al podio
donde las otras percepciones le perciben
y viene la taquicardia,
tiene la absurda idea de que sus fibras están
lesionadas,
que su córtex se desconectó,
Así, su sí... se puede excusar ante sí... de sí...



El cuerpo humano contiene miles de millones de células nerviosas que miden de 4 a 100 micrones. Cerca de cien mil millones se encuentran en el cerebro y otros trece mil millones en la médula espinal. Tienen una velocidad de transmisión de 24 a 400 km/h.



La cuarta meninge. El 4 de enero de 2023 en la Revista Science se anunció el descubrimiento de un nuevo componente del cerebro, la SLYM (Subarachnoid lymphatic-like membrane), una membrana previamente desconocida. Los investigadores piensan que puede tener la función de separar el líquido cefalorraquídeo sucio que sale una vez que recoge desechos. La ubicaron encima de la pia madre en el espacio subaracnideo.



2

Saberlo al ir cayendo,
las montañas más altas dejan de estar bajo los pies.

Descubrir que seguir sueños puede ser destructivo,

Dejar de seguir; concentrarse en crear:

Transducir los sueños en vivencias no vividas.

Sentir la pérdida del sentido,
la desorientación.

Un psiquiatra dijo una vez,
que la locura es perderse del centro de sí mismo
hasta perder la memoria, la conciencia del sí mismo,

cagarse en los pies de sí mismo
en medio del podio de las otras percepciones
y no darse cuenta

y manchar a las otras percepciones.

Ese día hubo mucho miedo en el mundo
pero se volvió a empezar;
se volvió a volver a volver a volver...

Se ha obtenido evidencia de impulsos nerviosos que han alcanzado hasta 120 metros por segundo de velocidad cuando los axones están mielinizados.

Los circuitos neuronales son conjuntos de conexiones sinápticas, con características propias que dependen de las neuronas que los conforman y es a partir de ellos que se realizan las funciones del sistema nervioso.

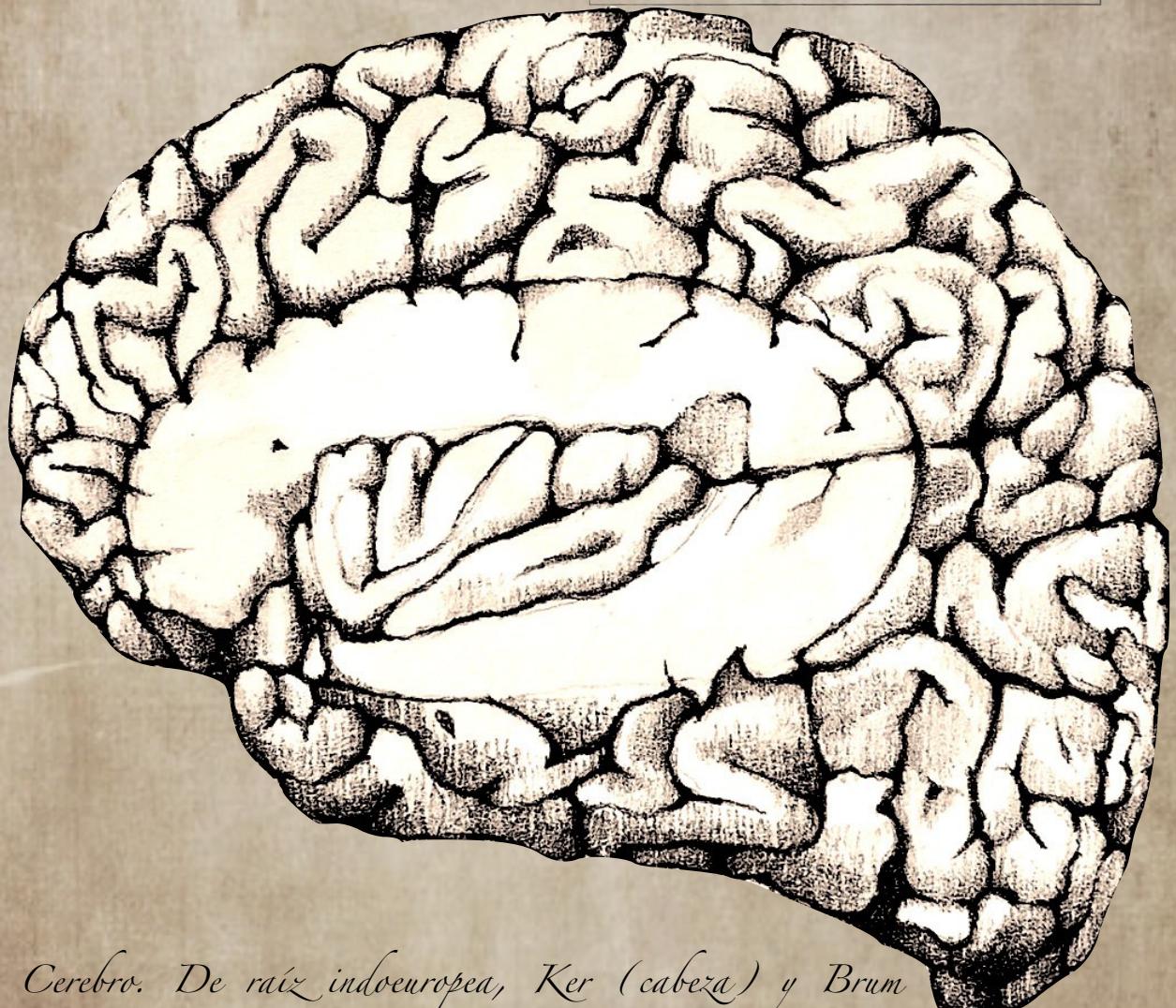


3

¿Dónde está el corazón?

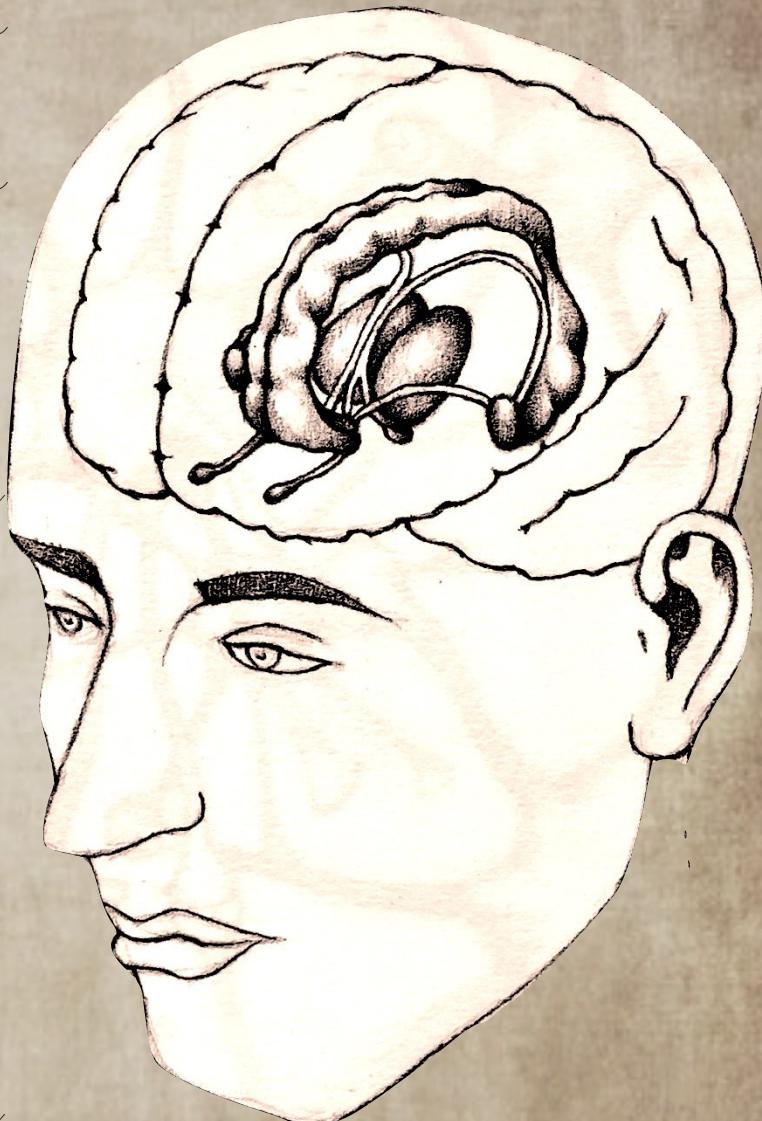
¿Dónde está el deseo?

¿Dónde está la razón?



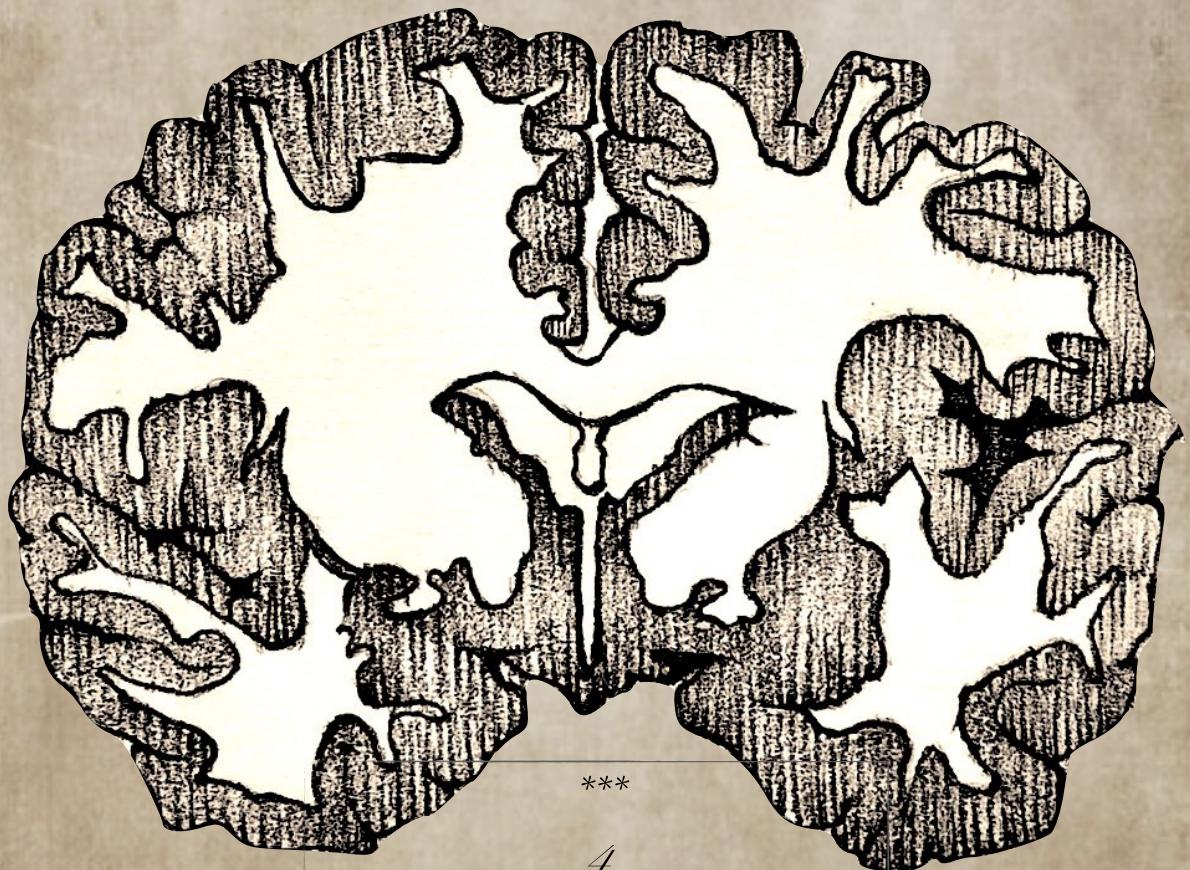
Cerebro. De raíz indoeuropea, Ker (cabeza) y Brum (llevar), -Lo que se lleva en la cabeza-. Ejercer un control centralizado sobre los demás órganos del cuerpo permitiendo respuestas al medio ambiente.

Es a través del sistema límbico que, cuando tenemos impulsos estéticos o de otra índole, podemos tener emociones, sentimientos y respuestas física a ellos.



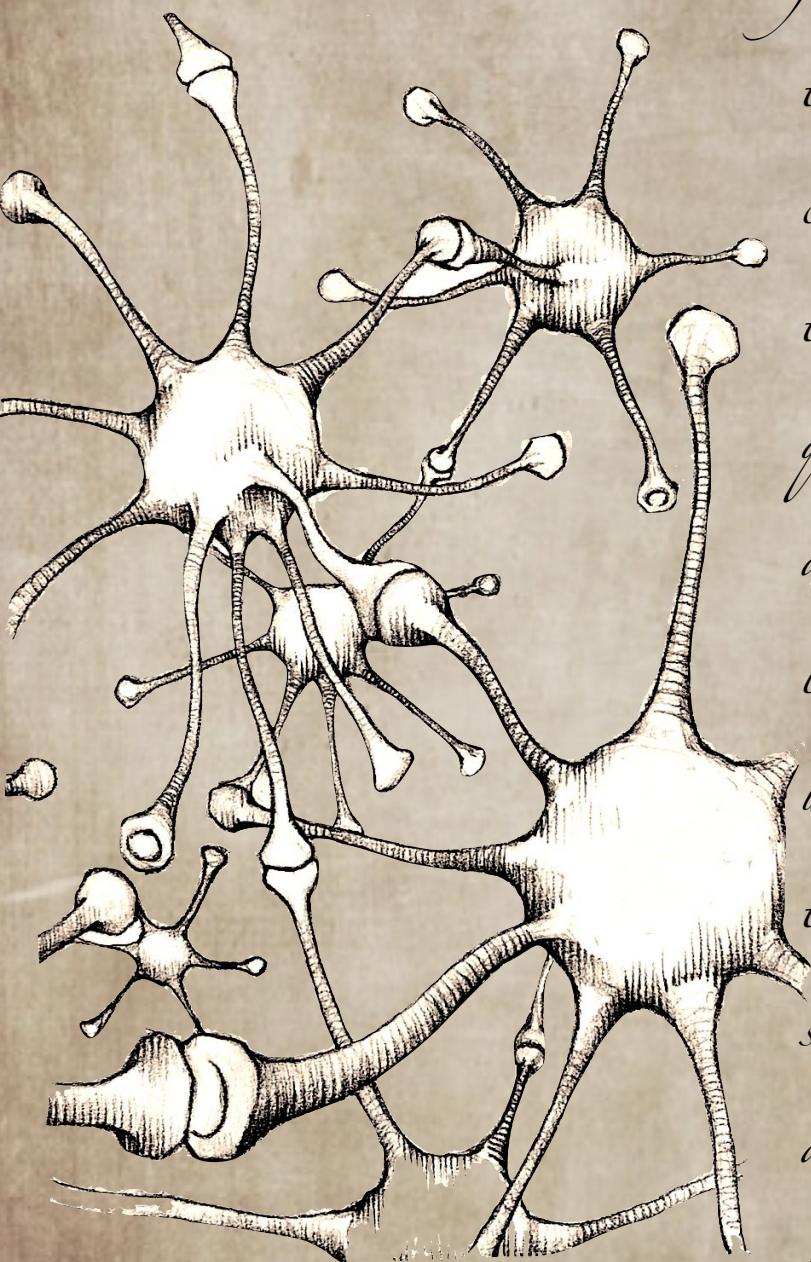
“Mi idea pues, es que poseer una mente significa que un organismo forma representaciones neurales que pueden convertirse en imágenes, ser manipuladas en un proceso denominado pensamiento y eventualmente influir en el comportamiento al predecir el futuro, planificar en consecuencia y elegir la siguiente acción.”

(Antonio Damasio)



4

*Lo que toma las más sublimes
(atribución por analogía)
fotografías mentales
que capta la visión
y guarda la memoria.*



Una de las más famosas leyes de la transmisión eléctrica celular, la "Ley de todo o nada" postula que los potenciales de acción se dan en toda la célula o no se dan; una vez que la transmisión eléctrica sucede va desde las dendritas receptoras hasta el final del axón, jamás se da en sólo una parte.

5

Hay una parte del mundo que no deja de pensar,
de sentir; de ser un receptor constante.

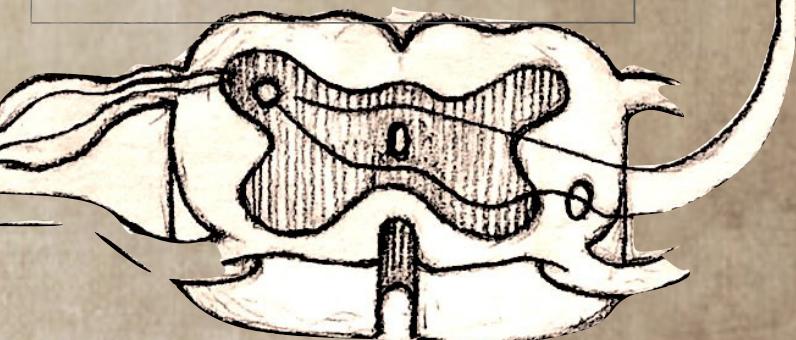
En cuando los nervios sienten,
en cuando las neuronas sienten y luego lloran,
rien...

Los conos sienten lo mirado,
la mucosa siente el aroma,
los botones sienten el sabor;
el cuerpo ciliar siente lo monocromo...

La voz siente el silencio;
el movimiento siente la contemplación,

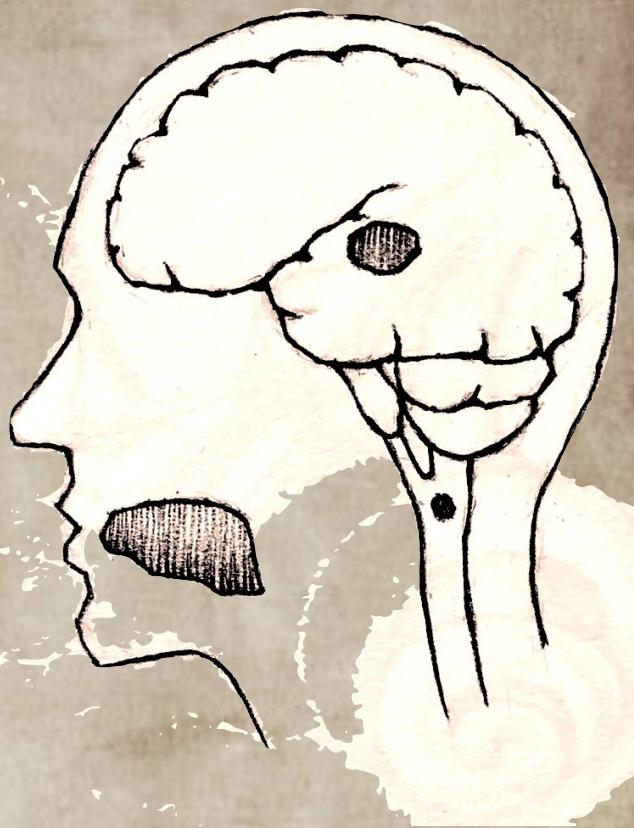


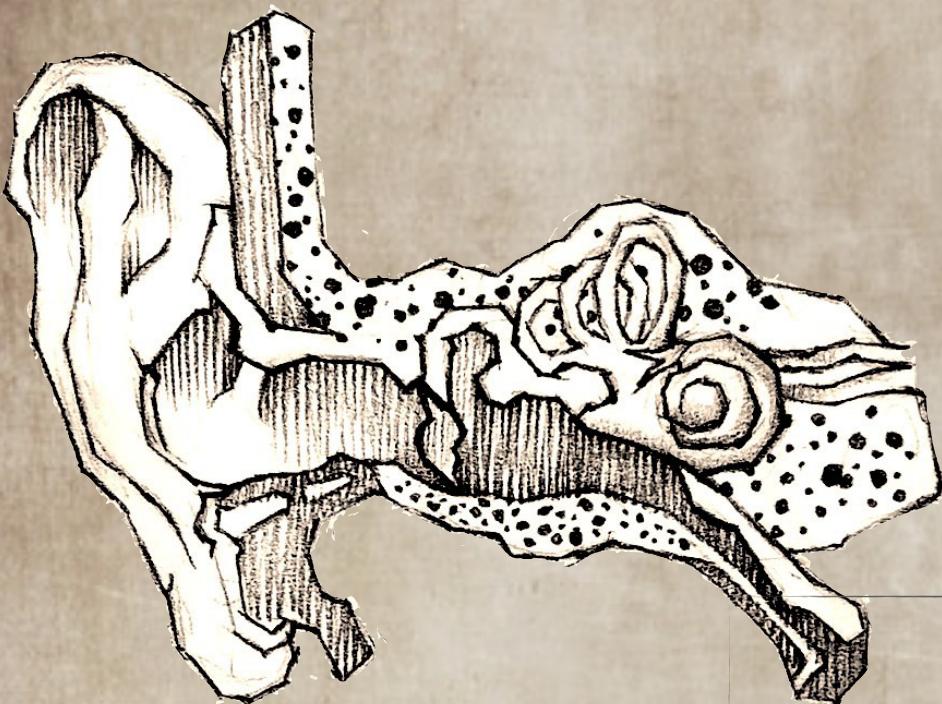
el abrazo siente la piel,
el pecho siente la pulsión,
el sueño siente lo escondido,
la pasión se va al jardín descalza, desnuda,
la razón no es perfecta.
Las palabras huelen,
los silencios observan,
las poesías son RGB;
se extienden hasta otros lugares,
se desintegran en copos que llevan el aliento
hasta la ventana de lo amado.



Cada botón contiene de 40 a 100 células.

En la actualidad es generalmente aceptado que en el botón gustativo existen poblaciones de células con diferentes funciones. Las células de tipo I llevan a cabo funciones principalmente de glía. Las células de tipo II o receptoras poseen receptores acoplados a proteínas G para los compuestos amargos, dulces y umami. Las células de tipo III o presinápticas expresan proteínas relacionadas con sinapsis y contienen sinapsis convencionales. Estas células carecen de receptores del gusto acoplados a proteínas G, pero expresan canales candidatos de transducción del ácido que parecen desempeñar un papel en la detección de estímulos agrios. Las células de tipo IV o células basales son progenitoras. (Haines, 2014:319)





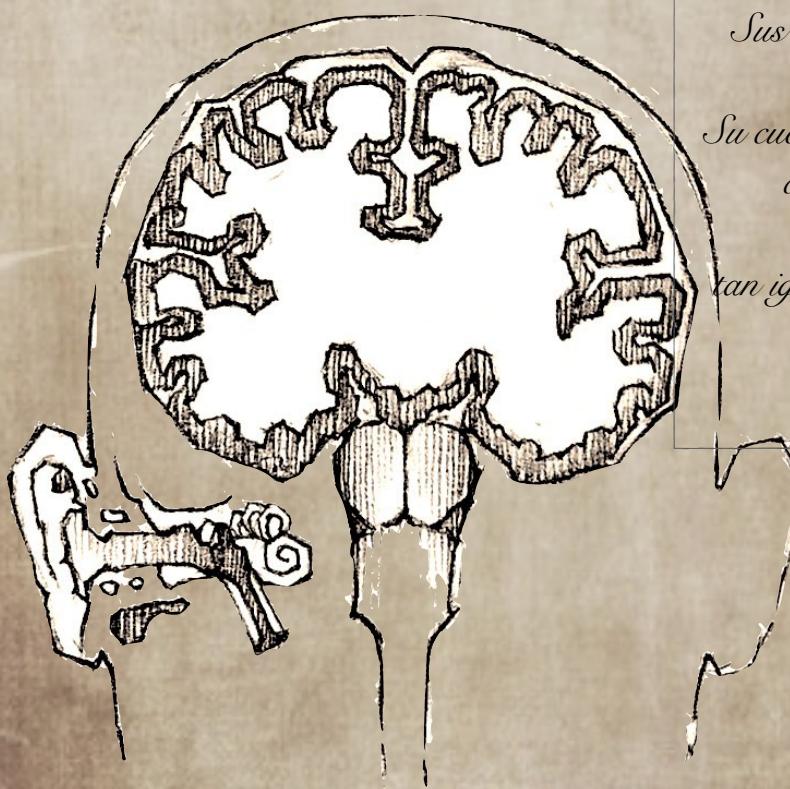
6

Sus células permiten la entrada a los iones.

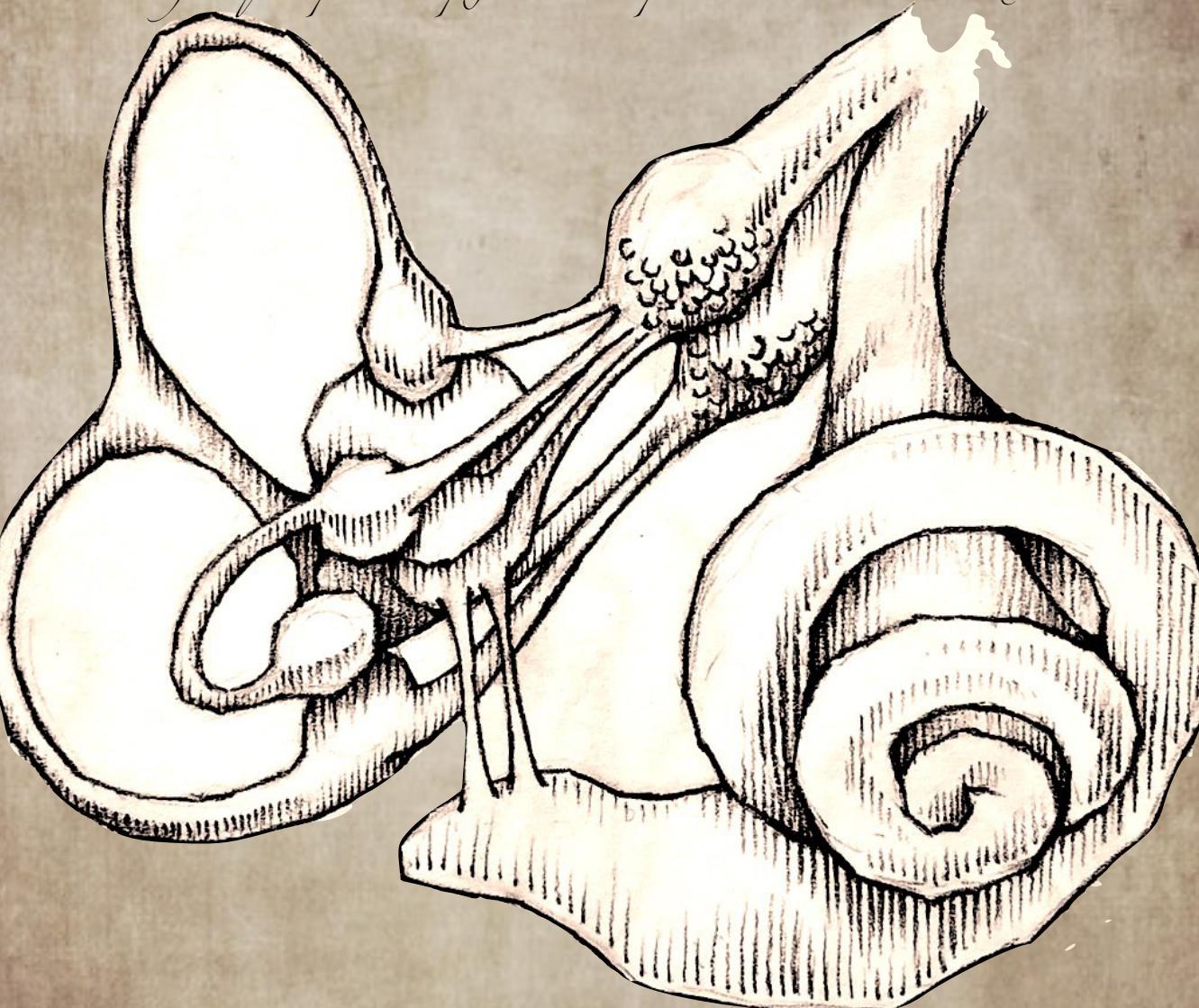
Sus neuronas V4 perciben color y forma.

Su cuerpo calloso y comisura anterior conectan sus hemisferios...

Es normal, es anormal; tan igual y tan diferente como todos.



Los implantes cocleares, los implantes auditivos de tronco encefálico y los implantes auditivos de mesencéfalo son los tres tipos principales de prótesis auditivas, con el primer implante coclear datado de 1957 y siendo el mas exitoso de los tres tipos. A diferencia de los audífonos que simplemente amplifican el sonido para enviarlo a través del oído externo,



un implante coclear tiene un micrófono que recibe sonido del entorno externo y lo envía a un procesador que digitaliza el sonido, lo filtra en bandas de frecuencia separadas y luego manda estas señales a la región apropiada en la cóclea correspondiente a esas frecuencias.
(The Royal Society of London)

En algún momento de su tiempo,
el que ha pasado en esta vida siendo quien es,
desde sus capacidades limitadas por... ser quien es,
se extenuó por inquirir la verdadera naturaleza de las cosas
asiduamente delusoria y decepcionante.

Era piedra, dejó de ser piedra,
en tiempos extraña ser piedra,
en tiempos ama ser piedra,
en tiempos vuelve a ser piedra.
esos tiempos o fragmentos del tiempo,
le llevan por distintas direcciones,
avanzando hacia algún espacio desconocido.

Voltea a lo que supone es el pasado,
reconoce lo que deseaba, pensaba, soñaba, creía...,

nota que está en un lugar distinto.

Se ha desgastado tratando de crear sus tiempos,
sus ritmos, sus espacios, sus razones...
y un día volteá a no saber dónde,
sin saber cómo está quien no estaba,
tiene sentido el sin sentido y lo pierde el sentido...

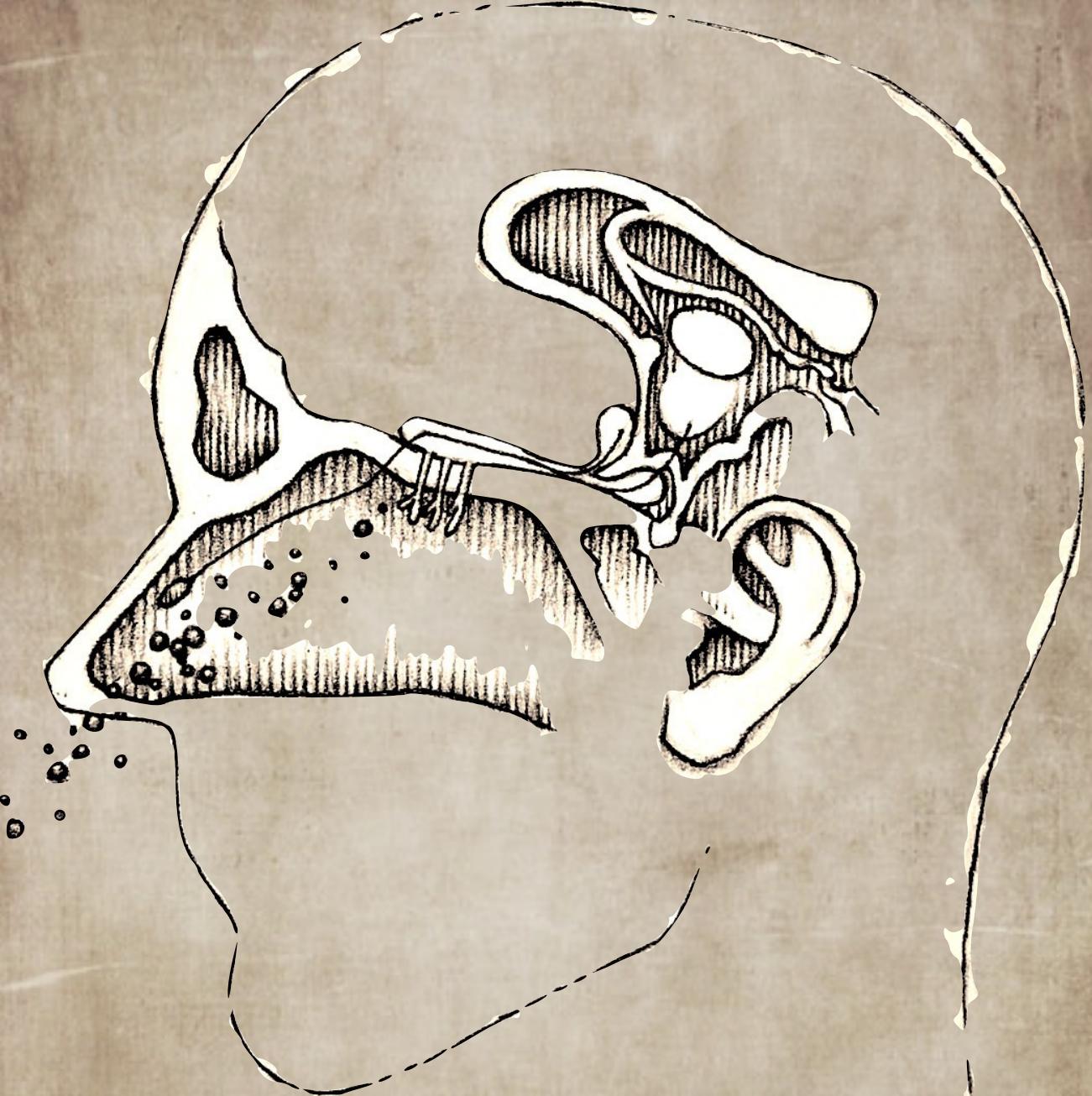
Recuerda que,
según su memoria,
nadie sabe si es verdad,
Derrida escribió, palabras mas palabras menos,
que no es sino hasta el último momento,
en el lecho de muerte,
cuando las cenizas son cenizas,
que sabemos con certeza para qué sucedieron las cosas.



*El ojo humano no funciona
exactamente como una cámara
pero si hicieramos una
equivalencia tal vez
correspondería a una de al
rededor de 7 pixeles. El ojo
humano sólo ve con alta
resolución lo que tiene enfrente
y en color aproximadamente el
60% de su campo visual, el
resto son luces y sombras.*

Cada centímetro cuadrado de la piel contiene
aproximadamente 200 receptores de dolor, 15 de
presión y 7 de
temperatura, de
estos hay
muchos más
para el frío que
para el calor.





8

Dicen, algunos neurocentristas,
que la memoria está en el hipocampo
que la conciencia está en la corteza prefrontal,
en el sistema límbico las emociones,
tálamo, hipotálamo, amigdala, hipocampo;
la regulación de la vigilia al sueño en la glándula
pineal,

el color y la forma en las neuronas V4,
el lenguaje en Broca y Wernicke,
el enamoramiento en la insula...

Dicen,
Ella duda,
duda de todo,
pero a veces sigue buscando allí...

2.4. Procesos fisiológicos de la información

Cuando la información es internada en el cuerpo, pasa por una serie de procesos que la llevan a convertirse en distintas cosas, información significativa y perdurable, información desecharable a corto plazo, emociones, sentimientos, ideas, pensamientos, posturas, etcétera, hasta llegar a convertirse en información que detonó y/o nutrió el expresarla, el sacarla de nuestro sistema, lo que puede suceder en distintos formatos, desde una conversación hasta, por ejemplo, la creación de una obra de arte. A continuación abordaremos algunos de los momentos por los que pasa esta información, desde la senso-transdu-percepción hasta la posibilidad de la neurogénesis como resultado de la creación, en este caso, enfocada en el Arte. Es importante señalar que no toda la información que entra en nuestro cuerpo pasa por todos estos procesos, ni de la misma manera.

2.4.1.Senso-transdu-percepción

Oler, escuchar, tener contacto táctil, degustar, ver; actividades inherentes al ser humano en un estado de normalidad, que son la manera en que el cuerpo entabla comunicación con el exterior. La manera de comunicarnos con el mundo que nos rodea, en el que somos una singularidad que forma parte del sistema energético al que llamamos universo y que comparte características con otras singularidades de la misma especie.

El mundo analógico llega hasta la mente a través del proceso de la senso-transdu-percepción, que permite transformar en datos lo que es

detectado por el cuerpo humano, información pura que viaja como pulsos electromagnéticos a través del *sistema nervioso central* y que al llegar a las distintas áreas del encéfalo es interpretada, categorizada y discriminada por los sistemas sensoriales. Esto es, no todos los datos que el cuerpo es capaz de detectar son efectivamente utilizados y vale la pena recordar que el porcentaje de información que podemos percibir del universo es bajo.

El estímulo que activa los biosensores del cuerpo humano primero es transducido con una serie de parámetros, tal vez los más importantes sean amplitud y frecuencia, generando impulsos electromagnéticos que al llegar a ciertas áreas específicas de circunvoluciones en el encéfalo se transforman en información, entonces se identifica si tales impulsos son válidos para el sistema que los recibe, por ejemplo: la detección de luz visible de color rojo genera (por medio de las neuronas especializadas conos L, que detectan luz en una longitud de onda en la media de 564 nanómetros) una serie de pulsos electromagnéticos que a través del nervio óptico llegan a la vía visual encargada de la clasificación de colores, estos pulsos deberán contener una amplitud y frecuencia correspondientes a un color en específico, si los pulsos recibidos no coinciden con las estructuras esperadas, son desechados.

Asumiendo que la validación de lo obtenido por el proceso de transducción es positiva e iniciando después de lo sensitivo el proceso de percepción entonces encontramos el *procesamiento de información*.

Podemos entender que este procesamiento inicia con la discriminación de lo que es detectado pero se concentra con mucha mayor intensidad en su categorización e interpretación en las distintas áreas neuronales encargadas de tales tareas. En nuestro ejemplo de la luz color rojo, luego de aceptar los impulsos electromagnéticos como válidos para el área visual, se determina que corresponden a tal o cual color, y luego todo se complica: ¿qué es lo que ese color significa?, ¿qué hace sentir ese color al individuo?, ¿a qué momento de la vida hace referencia?

Para entender el procesamiento de información es esencial entender sus dos componentes, primero al referirnos a *procesamiento* hablamos de una serie algorítmica de pasos que son ejecutados de forma no necesariamente consciente; y por otro lado *información* no solo son datos aislados entre sí, sino datos organizados provenientes en, este caso, del entorno que somos capaces de detectar, luego senso-transducir. La colección de datos organizados, llamados información, llega a receptores específicos capaces de interpretarla dándole significado y parte de su proceso consiste en qué hacer con ella. De acuerdo con sus características, comparación contra referencias previas y predicción de posibles sucesos asociados, esta información es tratada en diferentes maneras, todas ellas con un común denominador, la memoria. Por otro lado, de forma más técnica, podemos asumir que el procesamiento de dicha información responde al algoritmo que se encarga de la tarea de interpretarla y significarla, lo que se puede reducir a operaciones aritméticas simples, que van construyendo a

través de millones de repeticiones, sistemas complejos.

Los procesos sistemáticos de los sentidos se activan cuando algo interno o externo se coloca dentro del rango que somos capaces de percibir, a estas alturas del conocimiento sabemos que existe mucho más de lo que el ser humano puede notar, si lo pensamos así, los sistemas sensoriales son la puerta a lo que interpretamos de la realidad y al mismo tiempo una de las limitantes para conocerla. La transducción es un proceso fundamental para ello, el cuerpo es una máquina transductora. Partamos de que la energía puede manifestarse de distintas formas: lumínica, mecánica, térmica, eléctrica y muchas más, todas se propagan en ondas; cuando esta propagación se codifica es capaz de transmitir información que luego puede descodificarse, paquetes codificados de información pueden utilizar diferentes formas energéticas para ser transmitidos pues la energía puede adquirir las cualidades de un medio particular de transmisión. La transducción es una transformación pura, no hay un proceso de gestión y adaptación de la información sino una conversión directa de una forma energética a otra. En contraste, la interpretación o la traducción hacen tales adaptaciones sin cambiar su medio energético de transmisión, el lenguaje hablado humano por ejemplo es un sistema complejo constituido por diversos idiomas y dialectos que tienen en común el uso del sonido como medio energético de transmisión de información, así cuando se pasa la información de un idioma a otro, el medio sonoro no cambia; en la transducción ese medio, que es energético, si cambia,

cuando la información mecánica, eléctrica, sonora, química o térmica llega a los receptores sensoriales, esta se transduce para pasar a ser energía bioeléctrica y poder enviar el mensaje pero con las nuevas cualidades que le permiten internarse en el cuerpo humano. La transducción está asociada a la sensación:

La SENSACIÓN va asociada siempre a los órganos receptivos. El receptor es un órgano con umbral de excitación reducido capaz de garantizar también la acción de respuesta. La sensación es, primero, el factor inicial de una reacción sensomotriz; en segundo lugar, el resultado de una actividad consciente, de la diferenciación, del desprendimiento de algunas cualidades sensoriales de la percepción.⁹⁴

La percepción por su parte involucra ya a la información previamente contenida en el cuerpo, relaciona lo que acaba de llegar con lo que ya estaba ahí.

La sensación y la percepción están entrelazadas como reflejos de la realidad a través de los sentidos, cuya realidad existe independientemente de la conciencia e influye en los órganos sensoriales; en ello consiste su afinidad. Pero la percepción es el devenir consciente del objeto o del fenómeno sensible dado. En la percepción se conjuga la mente de quien percibe, su configuración a partir de la mezcla de su ser biológico con su ser cultural.⁹⁵

Para que la información sea percibida debe ser internada en el cerebro humano, en esto la sinapsis hace su aparición como el medio de transmisión de dicha información de una neurona a otra, hasta que llega a los lugares donde debe ser procesada y tal vez retransmitida. La sinapsis química más común tiene un elemento presináptico (en forma de botón axónico que contiene mitocondrias que proporcionan la

⁹⁴ Delgadillo, 1988-1989

⁹⁵ Delgadillo, 1988-1989

energía para la función sináptica y vesículas con los neurotransmisores que serán liberados al espacio sináptico), un elemento postsináptico (la neurona que se encuentra del otro lado del espacio sináptico) y el espacio sináptico (o hendidura sináptica, donde sucederá el intercambio de información).

Percibir es entrar en una relación singular, sensible, e inmediata con un objeto determinado, concreto, individual (...). El sujeto que percibe es, a su vez y siempre, un individuo concreto que no puede percibir directamente todas las propiedades o elementos físicos del objeto, sino aquellos que percibe inmediatamente con sus órganos sensoriales (...). Percibir es un proceso complejo en el que no sólo se percibe sensiblemente, sino que a su vez se recuerda, se imagina, se siente, y también se piensa(...).⁹⁶

Con un objeto determinado y con el mundo, en esa relación singular que es imposible que se experimente del mismo modo entre unos y otros humanos, aunque haya una carga objetiva a partir de los elementos que vienen dados por aquello percibido, la experiencia de esta percepción será también profundamente subjetiva. Y es ahí, en la experiencia y su relación con la memoria, que nos detendremos en el siguiente punto.

2.4.2. Memoria y Experiencia

Los estudios más recientes indican que el ser humano promedio es capaz de asumir que algo sucedió cuando esto acontece durante al menos dos nanosegundos⁹⁷, parece ser la mínima expresión temporal de lo que constituye la experiencia, evidentemente un intervalo de

⁹⁶ Sanchez Vazquez, 2005

⁹⁷ El nanosegundo es una unidad internacional de medida de tiempo que equivale a la milmillonésima parte de un segundo.

tiempo imposible de ser metacognitivo⁹⁸ para el humano. Se trata de una elusiva forma que la mente tiene de intentar congelar el flujo permanente entre el futuro y el pasado, a la que llama presente; dicho flujo es acumulado progresivamente y tras su procesamiento, categorización, almacenamiento y depuración, deriva en diversas versiones de lo sucedido que, desde la subjetividad, cada individuo adquiere como recuerdos, memorias, experiencias, vivencias y todo aquello que va generando tanto atenuadores emocionales como las capacidades de mediación para lidiar con aquel otro concepto complejo, que abordaremos mas adelante en esta tesis, llamado realidad. En este sentido la corteza frontal es protagonista.

(...) en las dos últimas décadas se ha ido profundizando en el papel que desempeñan los lóbulos frontales y cómo su función se extiende hacia el control de los procesos cognitivos. Así, un sólido cuerpo de evidencia científica demuestra que los lóbulos frontales como estructura cerebral se hallan implicados en la ejecución de operaciones cognitivas específicas tales como memorización, metacognición, aprendizaje y razonamiento.⁹⁹

Desde la óptica de la Neurociencia, la experiencia en sí misma se auto construye, pero podemos entenderla con fines analíticos como: el conjunto de procesos que tras la senso-transdu-percepción, el encéfalo y la mente utilizan para administrar sus capacidades en relación a la cantidad de información que se recibe del exterior, siendo su prioridad la utilidad de esta información para el yo que la percibe y dando también un lugar preponderante a lo que por experiencias previas ya le

⁹⁸ El concepto de ‘metacognición’ hace referencia a la capacidad de evaluación y control de nuestros propios procesos cognitivos. (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 205:478)

⁹⁹ Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:475

resultaba significativo.

Como perceptores y agentes somos agentes corporizados y situados. Toda percepción y acción implica un componente de auto experiencia corporal. Por ejemplo: estoy sentado en un restaurante y quiero empezar a comer, así que tengo que coger mi tenedor. Pero ¿cómo puedo hacerlo? Con el fin de coger el tenedor, necesito registrar su posición con respecto a mí mismo. Es decir, mi percepción del tenedor debe incluir cierta información sobre mí, de lo contrario no sería capaz de actuar sobre su base (...). Está auto-referencialidad en la percepción se registra sub-personalmente en el sistema sensomotor, pero también influye en mi experiencia.¹⁰⁰

Se advierte un bucle semántico difícil de romper, mientras que la experiencia se conforma permanentemente se está auto inventando, es decir, mientras los procesos que van constituyendo a la experiencia suceden, van interfiriéndose a sí mismos tanto retrospectiva como prospectivamente, generando una relación compleja entre el pasado, el presente y el futuro, desde el almacenamiento hasta la predicción.

La experiencia, alimentada entonces por la vivencia (entendida como el proceso completo de senso-transdu-percepción y su interpretación a nivel mental) e interferida por sí misma a través del paso del tiempo y la acumulación de información; es todo aquello que el ser humano es capaz de discernir como acontecido en su periodo de vida y que conforma al individuo desde lo fisiológico hasta lo social, pasando también por su sensibilidad estética. Con esto podemos fácilmente inferir que la experiencia tiene consecuencias estructurales a nivel neuronal, cada experiencia nueva genera nuevas conexiones, formas

¹⁰⁰ Gallagher y Zahavi, 2013:218

que posteriormente serán reconocidas tanto por el encéfalo en su afán de generar patrones para la predicción, como por la mente, recordando aquello ya sucedido como referencia de un probable evento futuro, tal vez similar o simplemente como una referencia táctica. Cada nueva experiencia entonces se acompaña de su también nueva gran red neuronal, así que en tanto mas experiencias nuevas haya, mayor neuroplasticidad. Experiencias nuevas por cierto cada vez más difíciles de encontrar conforme la persona crece; de ahí que no pocas sugerencias para conservar una salud mental estructural y psicológica estén relacionadas con aprender nuevos idiomas, leer nuevos libros, viajar a nuevos lugares, aprender a tocar instrumentos, etcétera.

Desde el punto de vista funcional, el aprendizaje y la memoria resultan de la actividad fisiológica repetitiva de millones de neuronas, ensambladas en circuitos neuronales específicos, que lleva al reforzamiento de las conexiones sinápticas involucradas y a cambios de plasticidad sináptica. También, durante aprendizaje y memoria se activan segundos mensajeros y se modifican proteínas sinápticas existentes. Algunos de estos cambios temporales se convierten en permanentes (memoria a largo plazo), por alteración en la estructura de la sinapsis.¹⁰¹

Debido a que la experiencia tiene como fundamento esencial el cruce entre dos ejes: la información y el tiempo, no es mala idea aproximarnos a la forma en que tal información puede ser administrada por la memoria, dando por hecho la existencia de su eje temporal para que dicha transformación sea posible.

En términos estructurales el córtex prefrontal y en términos

¹⁰¹ Solís y López-Hernández, 2009:185

funcionales, las funciones superiores o ejecutivas, están absolutamente relacionadas con la memoria.¹⁰²

Más allá de los resultados del algoritmo de procesamiento, invariablemente la información encontrada como valida se conecta con diferentes formas de memoria, la relación entre ellas es compleja puesto que no necesariamente son excluyentes pero paradójicamente tampoco incluyentes del todo. Además de que su clasificación está dada en diversas categorías: según su contenido (episódica, semántica, procedimental), según el nivel de conciencia que tenemos de ella (implícita, explícita), según su relación con el tiempo (retrospectiva, prospectiva), o según su duración (de corto y largo plazo). Esta última es la clasificación en la que me enfocaré (sumando la memoria genética) pues la *memoria a corto plazo* y la *memoria a largo plazo* están implicadas en todas las otras clasificaciones.

Las investigaciones en este campo demuestran que prácticamente es imposible el estudio de la memoria de forma aislada e independiente de las otras funciones cognitivas. Por otra parte, el proceso de la memoria es múltiple; es decir, no es un mecanismo unitario mediatisado por un único sistema neurocognitivo, sino que en él existen diferentes tipos de memoria que difieren entre sí en diversos aspectos, sobre todo en cuanto a las reglas de funcionamiento y en el sustrato neuroanatómico.¹⁰³

¹⁰²En los años 1980 y 1989 Fuster publicó su teoría general sobre el córtex prefrontal y consideró que éste era fundamental en la estructuración temporal de la conducta. Según este autor, dicha estructuración se llevaría a cabo mediante la coordinación de tres funciones subordinadas:

- Una función retrospectiva de memoria a corto plazo provisional.
- Una función prospectiva de planificación de la conducta (no olvidemos que la memoria es retrospectiva y prospectiva).
- Una función consistente en el control y supresión de las influencias internas y externas capaces de interferir en la formación de patrones de conducta. (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:475)

¹⁰³ Casanova, Casanova y Casanova, 2004:469

Sumado a esa relación compleja mencionada, hay que apuntar que hay una parte del proceso en que interfieren otros sistemas que alteran el estado anímico y emocional del individuo, siendo en muchos casos asunto definitorio del destino de la información procesada, por ende del papel que esa información jugará dentro del gran mecanismo de la memoria.

Ha quedado atrás el concepto de que la memoria era una simple impresión de huellas que se conservaban y se reanimaban o reproducían de acuerdo con la necesidad. Actualmente, se sabe que es un sistema funcional complejo, activo por su carácter, que se despliega en el tiempo en una serie de escalones sucesivos y que se organiza en diferentes niveles.¹⁰⁴

Al ser un mecanismo altamente complejo, la memoria interviene y en ella intervienen, en una relación de ida y vuelta, muchos sistemas y estructuras encefálicas¹⁰⁵ y de ella se han realizado clasificaciones de tipos de memoria. Hablemos para iniciar de la *memoria a corto plazo*, aquella que nos permite habitar el mundo y ser funcionales en él realizando tareas comunes y cotidianas que no requieren de un análisis mas específico, en su mayoría está constituida por información desecharable o que aparentemente no tendrá mayores efectos en el futuro de la vida del individuo. Nos permite mantener temporalmente redes neuronales que pronto son desconectadas olvidando los sucesos no

¹⁰⁴ Casanova, Casanova y Casanova, 2004:469

¹⁰⁵ Actualmente, las principales regiones invocadas en los procesos de la memoria son los lóbulos frontales y temporales –sobre todo el anterior-, el tálamo, la circunvolución del cíngulo, los ganglios basales, el hipocampo, la amígdala, los cuerpos mamílares del hipotálamo, los núcleos anterior y mediodorsal del tálamo, los núcleos del septo y la corteza entorinal. Las estructuras citadas se relacionan entre sí por medio de una serie de vías: trigono o fórnix, estriá terminal, fascículo mamilotalámico o de Vicq d’Azry, banda diagonal y comisura anterior y los circuitos límbicos formados por un componente interno que relaciona distintas estructuras de este sistema. (Casanova, Casanova y Casanova, 2004:470)

importantes. La memoria a corto plazo es una especie de buffer que permite operar de forma funcional las interacciones complejas con el mundo y la sociedad, sin que esto implique un aprendizaje mayor a la simple acción. Tirapu, Muñoz y Pelegrín (2005:484) nos dicen que “en los últimos 30 años nuestra concepción de la memoria a corto plazo se ha ampliado” de algo que se refiere a fragmentos de información fácilmente desecharables a algo que hace “alusión a la manipulación y transformación de esta información para planificar y guiar nuestra conducta.”, y que se han conjuntando estas ideas en el concepto de *memoria de trabajo*¹⁰⁶ o *memoria operativa*, un “sistema atencional operativo” que trabaja con contenidos de la *memoria a corto plazo*.

Por un lado entonces, la *memoria a corto plazo* no implica por sí misma la solución de problemas complejos, no se generan atenuadores emocionales ni recuerdos, es una especie de forma de autoprotección del encéfalo ante una sobresaturación de información, gran parte de esta memoria es depurada a través de la actividad onírica, aparentemente una función de los sueños es terminar de llevar a cabo esta depuración. La información enviada a la *memoria a corto plazo* es también evaluada de forma inconsciente por el estado anímico en el momento de la adquisición de los datos, tal vez en el intento de clasificar lo significativo de los mismos.

¹⁰⁶ La memoria de trabajo se define como un sistema que mantiene y manipula la información de manera temporal, por lo que interviene en importantes procesos cognitivos como la comprensión del lenguaje, la lectura, el razonamiento, etc. Este modelo quedó desarrollado inicialmente por Baddeley y Hitch [19,20], pero ha sufrido una reformulación en el año 2000 [21], y se ha fragmentado en la actualidad la memoria de trabajo en subcomponentes diferenciados: el bucle fonológico, la agenda visoespacial, el ejecutivo central y el *buffer* episódico. (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:476)

Y por otro lado, esta *memoria a corto plazo* da pie a procesos más complejos, entonces se amplia el concepto hacia el modelo de *memoria de trabajo*, que no es el término más claro para hablar de algo que no es en forma memoria sino un sistema que trabaja con ella, pero que utilizaremos tal como lo hacen los investigadores del tema. “Este modelo quedó desarrollado inicialmente por Baddeley y Hitch [19,20], pero ha sufrido una reformulación en el año 2000 [21], y se ha fragmentado en la actualidad la memoria de trabajo en subcomponentes diferenciados”¹⁰⁷:

- 1) *El bucle fonológico* que “hace referencia a un proceso de control basado en el repaso articulatorio.”, por ejemplo al leer, Tirapu, Muñoz y Pelegrín dicen: “Si colocáramos unos sensores en su musculatura orofacial observaríamos que usted está repitiendo con un lenguaje subvocal lo que está leyendo y esto le ayuda a procesar la información. Este subcomponente actúa, por tanto, como en un sistema de almacenamiento provisional que le permite utilizar el sistema subvocal hasta que su cerebro procese esta información.”
- 2) *La agenda visuoespacial* que “opera de forma similar al bucle fonológico, sólo que su cometido se centra en mantener y manipular imágenes visuales.”¹⁰⁸

¹⁰⁷ Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:484

¹⁰⁸ Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:476

- 3) *El sistema atencional supervisor (SAS)*, un sistema que lleva a cabo tareas cognitivas en las que interviene "la memoria de trabajo, y que realiza operaciones de control y selección de estrategias."¹⁰⁹ Está vinculado con procesos interrelacionados de codificación, mantenimiento, actualización, manipulación, inhibición, ejecución y alternancia.
- 4) *El buffer episódico* que "procede de nuevos datos que llevan a pensar que la información fonológica y visual se combina de algún modo, e integra además la información que proviene de la memoria a largo plazo.". Se trata de una representación multimodal y temporal de la situación actual a partir del vínculo de información proveniente de otros modos y sub componentes de la memoria. "Este cuarto componente no está localizado en un área específica del cerebro, sino que se debe a la descarga sincrónica de diferentes grupos de neuronas en una red ampliamente distribuida y formada por vías redundantes."¹¹⁰

En cuanto a la *memoria a largo plazo*, en general está referida a lo que aprendemos a través de nuestro tránsito por la vida, se considera información útil para nuestro crecimiento y maduración neuronal; es donde la información general, así como los datos significativos, son almacenados de forma casi permanente en el cerebro a través de la

¹⁰⁹ Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:477

¹¹⁰ Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:477

generación de fuertes redes neuronales que de no utilizarse, con el tiempo se desvanecen y desconectan, sin embargo el cerebro hace un gasto energético importante en mantenerlas.

La *memoria a largo plazo*¹¹¹ alimenta nuestros recuerdos, normalmente asociados con estados anímicos y emocionales específicos. En este sentido es fácil entender por qué a veces recordamos más una experiencia completa que su detalles específicos. Se puede detonar en la mente a través de diversos estímulos como sonidos, olores, colores, sensaciones táctiles, etcétera, y tiende en general a ser imprecisa ofreciéndole al individuo la versión más conveniente de acuerdo a su propia personalidad conformada en parte por estos recuerdos, generando así otro bucle.

La activación de las *memorias a corto y largo plazo* parece estar fuertemente relacionada con el estado anímico y emocional; cuando un momento que nos mueve hacia un estado emocional contundente, por ejemplo de tristeza o felicidad, se presenta en la vida del individuo, se activa la memoria de largo plazo, mientras que en casi cualquier otro momento, sobretodo los rutinarios, funcionamos a partir de la memoria a corto plazo. Tal vez con esto podamos comprender cómo es que los niños en la escuela se aprenden todos los nombres de los personajes de

¹¹¹ (...) la memoria a largo plazo proporciona continuamente información a la memoria de trabajo para que ésta opere tanto con la información almacenada como con las nuevas señales que ofrece el entorno. Por otro lado, es evidente que la información nueva que obtenemos después de trabajar con nuevos datos modifica la memoria a largo plazo y la actualiza, más en aquellas conductas que requieren un funcionamiento ejecutivo. (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:482)

su anime favorito mientras que les cuesta trabajo aprender por ejemplo, los elementos de la tabla periódica; pues mientras los primeros les generan una sensación de excitación neuronal alterando su estado anímico, el lograr ese estado voluntariamente para que los nombres de los elementos les sean emocionalmente significativos resulta en toda una misión. Rolls (2017) propone una teoría de los fundamentos neurobiológicos de la Estética y el Arte, encontrando sus raíces en las emociones como resultantes de un sistema de recompensa y castigo en función a lo que nos es agradable y lo que nos es desagradable, lo presenta desde una perspectiva darwiniana en que todo esto “es el resultado de un proceso evolutivo en el que los genes definen los objetivos (agradables o desagradables) de la acción (Rolls, 2005, 2014a)”; a esto suma el sistema de razonamiento que retomaremos en el siguiente subtema.

Volviendo al vínculo entre la memoria y las funciones superiores o ejecutivas¹¹², quisiera subrayar a la memoria relacionada con las gnosias y las praxias, capacidades de alto nivel que se relacionan con aprendizajes útiles para la vida que nos llevan hasta los territorios de la creación artística.

La gnosia está relacionada con la memoria de procedimientos,

¹¹² (...) las funciones ejecutivas desempeñan un papel fundamental en los procesos de memoria, sean éstos a corto o a largo plazo. Como ya señalara con acierto Fuster [9], un modelo de memoria activo debe plantear que los procesos de monitorización, mantenimiento o manipulación de la información también afectan a la información contenida en la memoria a largo plazo. Recuperar información de acuerdo con la naturaleza de la tarea a la que nos enfrentamos, seleccionar la información pertinente, definir los objetivos que pretendemos, seleccionar lo que se debe guardar en la memoria o señalar lo que se debe recuperar guarda relación evidente con procesos ejecutivos. (Tirapu, Muñoz y Pelegrín, 2005:481)

algoritmos a seguir para la acción simbólica, es la forma en la que podemos solucionar problemas simples necesarios para la convivencia cotidiana, en general aprendemos cómo hacer las cosas a través de la gnosia, sabemos que para abrir una puerta, como ejemplo, debemos insertar la llave, quitar el seguro y luego operar la manija. Por su parte, la praxia se conforma de los aprendizajes mecánicos útiles para operar el cuerpo al realizar una acción aprendida en la gnosia, desde sujetar la llave y toda la mecánica necesaria para abrir aquella puerta, hasta por ejemplo realizar la mecánica requerida para danzar o tocar un instrumento; se trata de cúmulos de información almacenados en la memoria. Estas dos capacidades aparentemente no están muy interferidas por los estados anímicos y emocionales, son aprendidas y se sostienen gracias a la generación de redes neuronales promoviendo la neuroplasticidad.

Y de entre las memorias, tal vez de forma mas misteriosa y que dejaré como una línea de investigación futura, está la memoria genética, almacenada en cada una de nuestras células y que determina la forma en la que, aún lejos de la conciencia, cada componente del cuerpo actúa, desde cómo se desdoblan las encimas en el proceso de alimentación hasta cómo es que las neuronas generan sinapsis; sin duda esta forma de memoria también interfiere en la manera en la que se constituye la experiencia.

En la base de la memoria está la capacidad de las células nerviosas para conservar las huellas de sus cambios funcionales, que se originan bajo la acción de nuestras emociones o cuando percibimos, razonamos

y realizamos una actividad motora. La mayoría de los seres vivos tiene la posibilidad de responder según su programación genética a los cambios que ocurren en su entorno. Esta capacidad de adaptación les brinda la habilidad necesaria para aprender y recordar.¹¹³

Hemos hablado de memoria en términos estructurales pero también en su relación con factores anímicos y emocionales, en este sentido hay que abordar la conexión de la memoria con el sistema límbico que es posiblemente el agente de mayor jerarquía respecto a estos factores. Encargado entre muchas otras cosas de la relación entre la recompensa y la satisfacción a nivel neuronal, este sistema, complejo como todos los del cuerpo humano, regula de forma no consciente los impulsos que nos hacen sentir contentos, enfadados, felices, tristes, etcétera. Es el detonante principal de los cambios de humor que experimentamos en nuestras vidas; estos cambios de humor alteran, sino es que determinan, los estados anímicos y emocionales que vamos atravesando, con ello interfiriendo de forma definitiva la categorización y destino de la información procesada en nuestras diversas memorias. El *sistema límbico* constituye así lo más cercano tangiblemente a lo que podríamos llamar el almacenamiento de recuerdos: memorias con cargas emocionales y anímicas específicas que conforman nuestra experiencia.

¹¹³ Casanova, Casanova y Casanova, 2004:469

Todo sucede a través de procesos bioquímicos complejos¹¹⁴, que es la forma en la que almacenamos cosas en el cerebro, y a través de la generación de grandes redes neuronales, que es la forma en la que replicamos vivencias a través de la memoria. Desde esta perspectiva la popular frase “recordar es volver a vivir” tiene sentido, puesto que mientras con la vivencia se generaron redes neuronales específicas, con el recuerdo modulado por el *sistema límbico*¹¹⁵ esas redes neuronales se vuelven a activar con sinapsis frescas pero que recorren exactamente el mismo trazo, excepto que son aderezadas por pequeñas modificaciones adicionales volviendo el recuerdo en una versión nueva cada vez que es utilizado. Es decir, conforme más recordemos algo activado por el sistema límbico, más distante va siendo de la memoria original, aparentemente la función de este comportamiento responde a la necesidad de la generación de atenuadores sociales que permiten el crecimiento y maduración del individuo para lidiar con los

¹¹⁴ Muchos sistemas cerebrales complejos presentan una organización que permite deducir fácilmente cuáles son sus funciones. Por ejemplo, aunque son complejas las conexiones de las vías somatosensitivas con el tronco del encéfalo, el tálamo y el córtex cerebral, cada componente desempeña un papel determinado. En general se conoce bien el procesamiento de la información somatosensitiva. En cambio, algunos sistemas se hallan interconectados de tal forma que una función dada puede ser realizada por varios componentes que cooperan, y un componente dado puede participar en varias funciones. El sistema límbico es un buen ejemplo. El sistema límbico "comprende estructuras que reciben estímulos de diversas áreas del neuroeje y participa en conductas complejas e interrelacionadas como la memoria, el aprendizaje y las interacciones sociales. (Haines, 2014:431)

¹¹⁵ Las conexiones de los circuitos límbicos con la neocorteza se realizan a través de las siguientes estructuras: circunvolución cingulada posterior, circunvolución parahipocámpica y núcleo pulvinar del tálamo. Las dos primeras se relacionan con la corteza prefrontal y se conectan con las áreas de asociación somestésica, auditiva y visual [3,8,10,11,21,22,32]. Las estructuras del hipocampo se responsabilizan de la comparación elemental de las nuevas estimulaciones con las huellas de la experiencia pasada. Se ha destacado la importancia de las formaciones que conectan los sectores internos de la zona temporal (el hipocampo, los núcleos talámicos y el hipotálamo) en la impresión y la reproducción de huellas de estímulos inmediatos. Sobre todo, se resalta el papel de los cuerpos mamílares. Esto hace pensar que no todas las partes del cerebro participan por igual en el proceso de la memoria, sino que determinadas estructuras tienen una importancia esencial para la conservación y la reproducción de la memoria de los hechos recientes. (Casanova, Casanova y Casanova, 2004:470)

complejos sistemas sociales de la vida moderna, filogenéticamente hablando.

Y si bien el *sistema límbico* provee de la inconsciencia del procesamiento de información, su contraparte consciente la encontramos en el lóbulo frontal, encargado entre muchas otras tareas de: la censura social, la autocensura, la modulación del comportamiento, la capacidad de decisión, etcétera.

Las primeras observaciones sobre la localización anatómica de la memoria se basaron, en su mayor parte, en la utilización como modelo biológico de los pacientes epilépticos graves, con crisis refractarias al tratamiento y sometidos a resecciones quirúrgicas, sobre todo del lóbulo temporal. A estas investigaciones se añadió la experiencia clínica y el desarrollo de otras ciencias afines (...). Un aporte decisivo en este sentido fue la aparición y el empleo de los estudios de neuroimagen, como la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT), la tomografía por emisión de positrones (PET) y la resonancia magnética funcional (RMf).¹¹⁶

Mientras se encuentra en la vigilia, el lóbulo frontal adquiere un comportamiento recargado en regulaciones obtenidas por la relación de la información con la memoria y los recuerdos, es decir, de la experiencia, y mantiene operativo al individuo socialmente hablando, enorme ventaja competitiva a nivel especie y por cierto la última zona del encéfalo en evolucionar, compartida con varios habitantes más del mundo con alto comportamiento social.

Sin embargo, dado que la mayor parte de la detección de estímulos

¹¹⁶ Casanova, Casanova y Casanova, 2004:470

sucede mientras la vigilia, nuevamente se advierte otra fuerte interferencia, en este caso por el lóbulo frontal, para la adquisición de datos, que se convertirán en información, que será categorizada para generar memoria, que si es significativa conformará recuerdos y que todo junto establecerá la experiencia del individuo que al final se devuelve al lóbulo frontal para modular su comportamiento. Se entiende lo complejo en extremo de la función de la experiencia en la vida cotidiana a nivel funcional.

Y por si fuera poco las cosas son más complejas durante el sueño. Mientras que el comportamiento del lóbulo frontal modula la conducta del individuo en sociedad, durante el sueño hace casi lo contrario. Los neurotransmisores encargados de tales modulaciones son atenuados durante la experiencia onírica y el lóbulo frontal empieza a funcionar de manera extraña. Se atenúan todas las censuras y se deja en total libertad la creatividad, matizada por los procesos de depuración de memoria a corto plazo, impulsos censurables socialmente hablando, recuerdos provenientes de aquellos momentos de alta dicha y/o tristeza, nuevas ideas por realizar y seguramente muchos más elementos que terminan por ofrecer la individuo las más radicales formas de experiencia, y que no en pocas ocasiones derivan en formas de comportamiento durante la vigilia.

Además del lóbulo frontal, debemos hablar del lóbulo temporal como otro elemento fundamental para la memoria y la experiencia. Así, la

observación del lóbulo frontal termina por cerrar un ciclo de procesamiento de información con múltiples interferencias multidimensionales que van sucediendo desde el momento mismo de la detección de estímulos a los biosensores del cuerpo humano hasta la ultra compleja información categorizada a la que llamamos experiencia.

En su publicación *Principios de Artes de la Complejidad (FONCA, 2018)*, el Profesor Antonio Isaac Gómez advierte formas de experiencia aún más complejas, soportadas por la ampliación de los sistemas sensoriales a través el encuentro de estados de conciencia inducidos con el propósito de adquirir mayor cantidad de información del entorno, habla de la recolección extendida de datos y una asimilación más profunda de ellos conformando el procesamiento de información basado en algoritmos funcionales mas potentes que incrementan la actividad neuronal más allá de sobre-utilizar las subregiones que suponen el uso de la memoria como base del cómputo cotidiano, a esto le llama Experiencia 2.0.

2.4.3. Abstracción, Razonamiento y Expresión

Y continuando con el procesamiento de la información, tomando un enfoque en este subtema en el marco contextual del Arte, se pueden identificar tres momentos que integran las diferentes aristas que cada objeto de arte implica: la creación, la ejecución y la apreciación. Estos momentos son relevantes porque contienen en diversos balances cada

uno de los componentes que aparentemente siempre están presentes en el objeto de arte y nos permite distinguirlo con mayor facilidad. Así, podemos encontrar que los elementos de descomposición mental de las fuentes de inspiración, su análisis, categorización y todo lo que esto detona en la mente humana, juega papeles cambiantes y dinámicos en todo el proceso del Arte, no en una forma lineal cronológica sino en una forma entrelazada donde cada uno de ellos influye en el otro en un sistema complejo íntimamente relacionado con la experiencia estética.

Implicit in a discussion of this paradoxical facilitation of arts is the view that there is no single “art center” in the brain. Nor does one hemisphere play a privilege role in art production per se. Rather the production of art is highly complex with different components mediated by different parts of the brain. The final artistic output emerges from a coordination of these different components.¹¹⁷

Entendiendo que no se encuentra en un sistema simple y organizado por orden de sucesión, la abstracción juega con la mente humana en diferentes niveles, desde la forma misma en la que percibimos nuestro entorno hasta otras maneras más profundas que producen interesantes efectos relacionados con la construcción de *la realidad*. Mora (2015) nos dice que “hoy tenemos hipótesis basadas en evidencia científica (grabaciones neuronales únicas) sobre cómo el cerebro puede construir abstracciones que son los componentes básicos del conocimiento”. Como ejemplo de lo primero, encontramos las áreas visuales del encéfalo, cada una dedicada a cada fragmento de la información

¹¹⁷ [Implícita en la discusión sobre la paradójica facilidad para las artes, está la opinión de que no existe un único “centro de arte” en el cerebro. Tampoco un hemisferio juega un papel privilegiado en la producción artística per se. Más bien, la producción de arte es muy compleja con diferentes componentes mediados por diferentes partes del cerebro. El producto artístico final surge de una coordinación de estos diferentes componentes.] Chaterjee, 2019:343

lumínica que llega a nuestros ojos, donde forma, movimiento o claroscuro, siendo partes del todo que compone la imagen, se diseccionan para su correcta interpretación, haciendo uso de la abstracción. Ejemplo del segundo caso es aquella típica ilustración del jardín de niños donde el sujeto coloca un círculo con una cruz abajo y se asume que ha dibujado un cuerpo humano, que por primitivo que parezca da origen a toda una rama del diseño gráfico llamada iconografía y que incluso en los avanzados sistemas digitales de videojuegos sigue teniendo un papel primordial haciendo que el cerebro interprete que tal o cual concentración de píxeles representa elementos mucho más complejos.

(...) neurophysiologic studies performed in monkeys have provided evidence for neurons in the visual areas responding to a single perspective of an object (form, orientation and depth), but not responding to other perspectives. We also know that there are neurons that respond to the presentation of the entire object irrespective of the perspective presented, giving probable indication of this latter neurons synthesizing all views from the previous neurons. Some of these neurons respond not just to the specific object presented but to different objects of similar shapes and colors. It has been suggested that this last neurons probably arranged in circuits able to construct an abstraction of "ideal" object that made accommodate many different objects within that same category. There is speculation that this last neuronal circuits are the bases for the process of abstraction (Zeki 1999, 2001; Mora 2009).¹¹⁸

Y es precisamente el concepto de interpretación el que le da todo el

¹¹⁸ [...] los estudios neurofisiológicos realizados en monos han proporcionado evidencia de que las neuronas en las áreas visuales responden a una sola perspectiva de un objeto (forma, orientación y profundidad), pero no responden a otras perspectivas. También sabemos que hay neuronas que responden a la presentación de todo el objeto independientemente de la perspectiva presentada, lo que da una indicación probable de que estas últimas neuronas sintetizan todas las vistas de las neuronas anteriores. Algunas de estas neuronas responden no solo al objeto específico presentado, sino a diferentes objetos de formas y colores similares. Se ha sugerido que estas últimas neuronas probablemente se dispusieran en circuitos capaces de construir una abstracción de objeto "ideal" que hiciera acomodar muchos objetos diferentes dentro de esa misma categoría. Se especula que estos últimos circuitos neuronales son las bases para el proceso de abstracción (Zeki 1999, 2001; Mora 2009).] Mora, 2015:12

sentido a la abstracción, si bien se trata de llevar hasta sus mínimos componentes simbólicos el objeto de estudio, su interpretación lo regresa, al menos perceptualmente, al territorio de lo útil para la construcción del objeto en el contexto deseado.

Es fácil encontrar a lo largo de la historia del Arte que la abstracción es utilizada por las distintas disciplinas, más allá de tener su propia escuela estética (que sería mejor enunciado, su propia técnica pictórica). La abstracción se encuentra desde las figuras literarias hasta la consecución de sonidos y notas que nos evocan tal o cual sentir, un caso muy bonito, como ejemplo, es la Sonata Opus 15 No 2 de Beethoven, que en su segundo movimiento cuenta la leyenda que él, con su capacidad de escucha severamente afectada pero con una vista curiosa y apasionada por la naturaleza, contemplaba el cielo y le platicaba a su amada ciega lo hermoso que era, la belleza radiante y luminosa de una luna llena en un cielo oscuro y completamente despejado rebasó su capacidad de expresión verbal y para transmitirle aquella sensación tocó al piano lo que para la posteridad llamamos su *Claro de Luna*, ejemplo de una abstracción estética altamente refinada y que primero descompone los elementos de la experiencia completa en sus mínimas expresiones para que, al ser escuchada, pueda

reinterpretarse sin nunca haber visto la escena original¹¹⁹. Cabe mencionar que esta serie de actos se retomarían cientos de años más tarde para que podamos hoy en día disfrutar de la digitalización.

Por su parte, en la pintura llamada abstracta, contraparte de la figurativa (que para fines de estudio sigue teniendo su enorme parte de abstracción simplemente por el hecho de realizar un viaje transdimensional del objeto en tres dimensiones al lienzo en dos), nos muestra una y otra vez la capacidad del artista virtuoso para descifrar los elementos más íntimos y significativos de un todo que está lleno de sobrantes para fines de la experiencia estética de la obra. El periodo tardío de la obra de Kandinsky es sin duda un referente de alto virtuosismo de abstracción en la pintura.

Wassily Kandinsky, who is often credited as it originator of abstraction, was profoundly affected by seeing one of Monet's series of paintings depicting haystacks when they were exhibited in Moscow in 1895. Kandinsky was stuck by the fact that he could clearly see the painting in front of him but not what it represented. He later recounted: "and suddenly for the first time I saw a picture. That it was a haystack (or rather, a grain stack), the catalog informed me. I did not

¹¹⁹ Thus, when nature shows us hundreds of birds of all shapes and sizes, movement and colors, songs and different behaviors, the brain is capable of creating the concept, the idea, of a bird that would summarize all birds in the world. This "universal" bird is an abstraction created by the brain, an idealization of a bird that neither exist nor could exist in reality, thus making the "pure an immutable" essence of the bird" as Plain might have posited. That is how the human brain works; by categorizing and classifying the sensory world to concepts and ideas. Using these brain-based process of abstraction, attained the basic principles for thought, language and communication. Art, in fact, is abstract and symbolic cognition, emotion and communication beyond common emotional or symbolic language (Mora 2006). [Así, cuando la naturaleza nos muestra cientos de pájaros de todas las formas y tamaños, movimientos y colores, cantos y comportamientos diferentes, el cerebro es capaz de crear el concepto, la idea, de un pájaro que resumiría todos los pájaros del mundo. Este pájaro "universal" es una abstracción creada por el cerebro, una idealización de un pájaro que ni existe ni podría existir en la realidad, haciendo así la esencia "pura e inmutable" del pájaro" como podría haberlo dicho Platón. Así es como funciona el cerebro humano; al categorizar y clasificar el mundo sensorial en conceptos e ideas. Utilizando estos procesos de abstracción basados en el cerebro, se alcanzaron los principios básicos para el pensamiento, el lenguaje y la comunicación. El arte, de hecho, es cognición, emoción y comunicación abstracta y simbólica más allá del lenguaje emocional o simbólico común (Mora 2006)] Mora, 2015:12

recognize it... And I noticed with surprise and confusion that the picture not only gripped me, but impressed itself ineradicably upon my memory. Painting took on a fairy-tale power and splendor. And, albeit unconsciously, objects were discredited as an essential element within the picture." (Parsons and Gail 1992, p. 255).¹²⁰

Y así podríamos realizar un documento completo de estudio de la abstracción como parte del Arte, sin embargo para fines de esta investigación daremos un paso más adelante. La máxima expresión de la abstracción es la ciencia referencial por excelencia del ser humano, las matemáticas, es esa capacidad que tiene el ser humano de representar el universo físico que habita, con números, y con ecuaciones, sumas y restas, que le dan un significado que explica su comportamiento. Posiblemente esta sea la frontera final de la abstracción, no hay nada más abstracto en las diversas áreas de conocimiento humano que los números.

Todas las matemáticas tratan con la abstracción. A pesar de que muchas partes de las matemáticas están motivadas por el mundo físico Y pueden emplearse para describirlo, las entidades que realmente manejan los matemáticos -los números, las figuras geométricas, los diversos patrones y estructuras- son puras abstracciones. En el caso de temas tales como el cálculo, muchas de tales abstracciones comprenden la noción matemática de infinito que no puede hacerse corresponder directamente con ningún aspecto del mundo real.¹²¹

A principios del siglo XX algunos destacados matemáticos se hicieron

¹²⁰ [Wassily Kandinsky, a quien a menudo se acredita como el creador de la abstracción, quedó profundamente afectado por una de las series de pinturas de Monet, que presentan almires, cuando se exhibieron en Moscú en 1895. Kandinsky estaba atrapado por el hecho de que podía ver claramente la pintura frente a él, pero no lo que representaba. Después relató: "y de repente por primera vez vi una pintura. Que era un almíbar (más bien, un montón de paja), me informó el catálogo. No lo reconocí... Y me di cuenta con sorpresa y confusión que no sólo me atrapó la pintura, sino que se imprimió de manera imborrable en mi memoria. La pintura adquirió el poder y el esplendor de un cuento de hadas. Y, aunque inconscientemente, los objetos fueron desacreditados como un elemento esencial dentro de la pintura." (Parsons y Gail 1992, pág. 255).] Pepperell y Alumit, 2015:143

¹²¹ Devlin, 2002:91

esta pregunta: si a través de los números podemos explicar el comportamiento del universo, ¿por qué no podríamos a través de ellos replicar parte de él?, y tras muchos años de trabajo nació uno de los más importantes teoremas para nosotros, el teorema de Nyquist-Shanon, apellidos de aquellos grandes matemáticos que en palabras simples enuncian: si se tiene una muestra del doble de la frecuencia máxima, es posible reconstituir el objeto original sin pérdida alguna, es decir, el teorema que permite la digitalización de la información. Pasaron al menos 40 años más para poder comprobarlo, cuando la tecnología estuvo lista, pero desde entonces imágenes y sonidos, estáticas y en movimiento viajan a través de números, la máxima abstracción posible llevando aquí y allá todo tipo de expresiones artísticas, posiblemente con el uso máximo del razonamiento.

Ahora, comentamos anteriormente sobre el momento de la ejecución, si lo seguimos relacionando con los componentes que lo conforman, encontramos que en ella empieza a trabajar con mucha mayor injerencia el razonamiento. Eso a lo que llamamos “entender la obra”, proceso sin el cual simplemente la obra fracasaría en su misión final comunicativa.

El razonamiento tiene que ver con el proceso de categorización, interpretación y asimilación de la información que la mente humana recibe, se trata de un algoritmo que en cada uno de sus pasos va discrecionalmente haciendo uso de partes de esa información hasta

darle un sentido útil y completo para el individuo en su vida. Muchas veces nombramos a lo que se razona como lo que se entiende y aunque son términos diferentes, ciertamente están emparentados. El razonar una serie de datos provenientes de tal o cual información no solo le da sentido sino que nos permite hacer uso posterior de esa información para construir relaciones estructurales elaboradas o complejas. El lenguaje humano es tal vez el mejor ejemplo la relación entre abstracción y razonamiento, haciendo uso primero de fonemas y creando palabras -abstracción- para luego formar frases y retóricas con semántica compleja -razonamiento-. Retomemos aquí la propuesta de Rolls (2017) y su teoría de los fundamentos neurobiológicos de la Estética y el Arte de la que comenzamos a hablar en el capítulo anterior y en la que al sistema de las emociones basado en el castigo y la recompensa de lo que nos resulta placentero y lo que no, suma el sistema de razonamiento que ha evolucionado para la resolución de problemas y que “es alentado por sentimientos agradables cuando se encuentran soluciones elegantes, simples y, por lo tanto, estéticas que son ventajosas porque son parsimoniosos y siguen la navaja de Occam.” principio que postula “*Pluralitas non est ponenda sine necessitate*” [La pluralidad no debe postularse sin necesidad], es decir que no hay que proponer muchas soluciones cuando no es necesario pues generalmente la explicación más simple es la más probable.

Now that we have a fundamental, Darwinian, approach to the value of people, objects, relationships etc, I propose that this provides a fundamental neurobiological approach to understanding aesthetics and art. I propose that while the gene-specified rewards and punishers define many things that have aesthetic value, the value that we place

on items is enhanced by the reasoning, rational, system, which enables what produces aesthetic value to become highly intellectualized (...) ¹²²

Sin dejar de lado a las emociones y esta idea de Rolls de la unión entre el sistema de las emociones con el sistema del razonamiento (los que podríamos considerar otros de aquellos opuestos inseparables), en el Arte el razonamiento parece tener que ver más con la técnica, se aleja del instinto y de la pasión primordial de la creación y entra en un proceso de trabajo arduo donde “entender” la obra es la parte fundamental para dominarla, conocerla a fondo, memorizarla, analizarla, estudiarla y finalmente ser capaces de reproducirla en su máximo esplendor para poder ser apreciada, ahí es donde se enlaza con la expresión¹²³. Parece ser que el Arte está lleno de expresión, y aunque puede ser una frase correcta inicialmente, vale la pena dar una segunda mirada al dilema, no se puede llegar a la verdadera expresión si no se domina virtuosamente la disciplina artística y esto no se consigue sin abstracción y razonamiento. La abstracción para alimentar nuestro ser de todos aquellos elementos simbólicos esenciales y el razonamiento para conseguir ese virtuosismo al que en el Arte llamamos maestría. Es solo entonces que podemos entrar en el territorio de expresar y esto es lo que finalmente hará que el perceptor

¹²² [Ahora que tenemos un enfoque fundamental, darwiniano, del valor de las personas, los objetos, las relaciones, etc., propongo que esto proporcione un enfoque neurobiológico fundamental para comprender la estética y el arte. Propongo que, si bien las recompensas y los castigos especificados por genes definen muchas cosas que tienen valor estético, el valor que le damos a los elementos se ve reforzado por el sistema de razonamiento, racional, que permite que lo que produce valor estético se vuelva altamente intelectualizado (...)] Rolls, 2017:124

¹²³ En el subtema *Experiencia y Comunicación Estética* del capítulo *Arte Neuronal* se abordan los modelos de la experiencia estética de Chatterje, Varnanian, Leder y colegas, los que suman información relevante a reconocer los distintos procesos por los que la información pasa cuando se interna en nuestro cuerpo.

de la obra pueda acceder al momento de la apreciación.

La expresión entonces se refiere a todo aquello que una vez reconstruido a partir de diversos estímulos, experiencias, memorias, sensaciones, imaginación y cualquier otro elemento que se albergue en la mente del creador y del ejecutante, se transmite finalmente hacia el perceptor permitiéndole ser parte de la obra en su totalidad, dado que la misma se completa cuando este último proceso es exitoso. Pero lo interesante aquí es que esta transmisión, ciertamente de información, no es de cualquier tipo pues estaríamos hablando de un proceso de comunicación simplemente, se trata de información altamente sensible y propensa a generar la experiencia estética, se trata de transmitir estados anímicos y emociones, ulteriormente sentimientos: hipertimia, eutimia e hipotimia, alegría, tristeza, amor, miedo, sorpresa, ira, asco, calma, culpa y vergüenza. Este tipo de información difiere de toda la demás por ser altamente subjetiva y ahí está la mayor encrucijada del “expresar” en el Arte. El reto máximo del artista creador es confrontarse a sí mismo para encontrar dentro de sí, con aquellos fragmentos de abstracción, la forma correcta de organizarlos en su disciplina artística para que al ser ejecutados y hechos públicos se logre no solo una experiencia estética sino LA experiencia estética deseada. No solo es causar una reacción en su audiencia, es llevarla a los territorios que la obra plantea.

En sentido Vartanian (2014) habla de la falta de un modelo de estudio

de las bases neurales tanto de la creación como de la apreciación en su relación, dado que parecen ser “dos lados de la misma moneda y están íntimamente ligados”¹²⁴.

Sin embargo coloca su esperanza en el modelo teórico de Tinio’s (2013) *Mirror Model of Art* “un muy prometedor modelo teórico que provee de marcos comprobables que codifican aspectos del arte creativos y estéticos. Tengo la esperanza de que la introducción de este modelo motive investigaciones orientadas a unir estas dos facetas del estudio del arte”¹²⁵. En los últimos años se ha avanzado en esto pero aun falta mucho que comprender de cada una de estas actividades para poder unificarlas de modo profundo en un modelo teórico y sobre todo en procesos experimentales consistentes. El camino está siendo andado y el proceso de investigación de esta tesis se ha transitado desde la idea de considerar no sólo las dos caras de la moneda, sino tres: la creación, la ejecución y la apreciación, en relación con cada uno de los

¹²⁴ The field of empirical aesthetics and creativity have largely advanced in parallel. As a result, although we possess fairly sofisticated models that explain how creative production (Gonen-Yaacovi et al. 2013) and aesthetic appreciation (Nadal 2013) are realized in the brain, little is known about how these two processes intersect - psychologically and neurologically (Vartanian 2014). This is a peculiar state of affairs because when artists create a work of art, they are concerned about its eventual appreciation by potential perceiver. Similarly, when perceivers experience artwork, they make inferences about the creative processes that led to their production. Therefore, it would appear that a comprehensive model of the artistic process would necessitate not only models of how creative production and aesthetic appreciation unfold, but also an overarching model that relates the two aspects together. [Los campos de la estética empírica y la creatividad han avanzado en gran medida en paralelo. Como resultado, aunque poseemos modelos fantásticos y sofisticados que explican cómo se realizan en el cerebro la producción creativa (Gonen-Yaacovi et al. 2013) y la apreciación estética (Nadal 2013), poco se sabe sobre cómo se cruzan estos procesos, psicológicamente y neurológicamente (Vartanian 2014). Este es un estado de cosas peculiar porque cuando los artistas crean una obra de arte están preocupados por su eventual apreciación por parte del perceptor potencial. De manera similar, cuando los perceptores experimentan obras de arte, hacen inferencias sobre los procesos creativos que llevaron a su producción. Por lo tanto parecería que un modelo integral del proceso artístico necesitaría no sólo modelos de cómo se desarrollan la producción creativa y la apreciación estética sino también un modelo general que relacione los dos aspectos entre sí.] Vartanian, 2014:175

¹²⁵ Vartanian, 2014:175

momentos del procesamiento de información que hemos abordado, desde la senso-transdu-percepción hasta la posibilidad de la neuroplasticidad a través del arte.

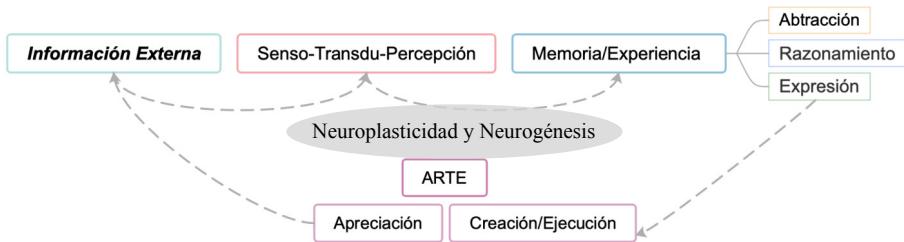


Fig. 8 *Modelo estético de estudio del procesamiento de información a nivel neuronal*

2.4.4. Construcción de la realidad, mediación de los sentidos

¿Qué es la realidad? -preguntó el hombre con aspecto de gnomo con el que compartía el banco. Hizo un ademán hacia los altos bloques de edificios que rodeaban el Central Park, con sus incontables ventanas que relucían como las fogatas de un poblado prehistórico-. Todo es sueño, todo es ilusión; yo soy la visión de usted como usted es la visión mía.

Stanley G. Weinbaum

¿Qué es la realidad? la contundente pregunta con la que Stanley G. Weinbaum (1902-1935) comienza su relato *Las gafas de Pigmalión*, considerado el primer indicio en la ciencia ficción de lo que hoy conocemos como realidad virtual. Se trata de la historia de unas gafas a las que el profesor Albert Ludwig vierte una solución compleja hecha, en sus propias palabras, a partir de fotografiar el relato en un líquido con elementos cromáticos sensibles a la luz, añadiendo el gusto químicamente y el sonido electrónicamente, electrolizando así en la

solución el relato, la vista, el sonido, el olor, el gusto y dejando que el interés del espectador, a través de su propia mente, le proporcione el tacto; todo ello a partir de sus dissertaciones sobre la visión y el sonido del cine, que le parecen planos y es la motivación para hacer las gafas.

“Todo es sueño, todo es ilusión; yo soy la visión de usted como usted es la visión mía”, una idea que nos coloca en el supuesto de que la realidad para los humanos es la interpretación de lo que podemos internar en nuestro ser de entre todo lo que existe; de que hay múltiples realidades, únicas e irrepetibles, estructuradas a partir de la vivencia personal. Pero entonces, ¿cómo le llamamos a todo lo que existe de entre lo que nuestro ser selecciona y que formará parte de su realidad? Un camino posible es postular a *la realidad* como esa interpretación que hace cada organismo de todo lo que existe y a *lo real* como lo que existe, independientemente de si los humanos lo podemos percibir. Gallagher y Zahavi (2013) dicen que:

(...) una concepción importante del conocimiento entiende este como una cuestión de reflejar fielmente una realidad independiente de la mente. Si queremos conocer la verdadera realidad, debemos apuntar a describir cómo es el mundo, no sólo independientemente de que se crea que es así, sino independientemente de todos los modos en los que se nos presenta a los seres humanos. Sin embargo, lo que hemos estado sugiriendo es que este objetivo es ilusorio en alcanzable (...) Como dice Merleau-Ponty (1962, p. 67), en respuesta a una propuesta de Leibniz de conseguir un punto de vista desde ningún lugar, <<ver no es siempre ver desde algún lugar?>>. ¹²⁶

En este sentido, no estoy proponiendo acercarnos a la realidad, aquello

¹²⁶ Gallagher y Zahavi, 2013:216

“ilusorio inalcanzable”, sino considerarlo como lo real, aquello que tal vez jamás podremos conocer porque estamos incapacitados para tener ese punto de vista “desde ningún lugar”, y pensar en *la realidad* como esa interpretación, selección, abstracción, etcétera que hacemos a partir del encuentro con lo que es posible que se filtre para nosotros de *lo real*.

Desde una perspectiva neuronal, para que el ser humano construya *la realidad* a partir de *lo real*, el cuerpo, ese contenedor biomolecular que implica la mente, realiza esa serie de procesos que inician con la senso-transdu-percepción el viaje de la información por el *sistema nervioso* para que, pasando de neurona en neurona, ésta se conecte con los mecanismos de la memoria, con el sistema límbico, con el lóbulo frontal, etcétera, pasado así por las estructuras funcionales involucradas en la experiencia, la abstracción, el razonamiento y/o la expresión. El proceso de interpretación de la realidad es filtración, negociación, ampliación de información entre lo intracorporal y lo extracorporal, que se unen para formar el ser.

Asumiendo a *la realidad* como una categoría de *lo real*, la de la interpretación humana, dentro de ella definiré dos subcategorías: la *realidad natural*, aquello que podemos senso-transdu-percibir pero no explicar, no lo comprendemos y no tenemos comprobación de su existencia y funcionamiento; y la *realidad científica*, aquello que podemos comprobar, usualmente a través del método científico.

Resumiré la idea en el siguiente esquema:



Fig. 9 Lo real y la realidad

Debo anotar que existen otras posibles subcategorías de la *realidad*, hablo de la *natural* y la *científica* porque convienen al punto de esta investigación al que deseo llegar. También debemos advertir que las subcategorías propuestas, en principio devienen de lo real, de aquello que es el conjunto de lo que existe, no están desligadas, simplemente las anclo a la *realidad* para puntualizar que pasan por la mediación humana. Además quiero poner atención en que es un territorio polémico y peligroso, que tratado con lucidez nos puede ayudar a encontrar basto conocimiento, pero sin ella nos puede colocar en los extremos de una pseudociencia aberrante o de la cerrazón ante todo lo que no podamos comprobar; no estoy proponiendo quedarnos en el

medio, propongo tener apertura para notar que la vida es mucho mas de lo que somos capaces de percibir y reconocer de modo racional-científico. Es fácil intuir que las realidades propuestas se comunican, que frecuentemente la *realidad natural* pasa al territorio de la *científica*. Es común a lo largo de la historia humana que la aproximación a esta subcategoría comience con la intuición, con actos de fe que llevan a la creencia tan poderosa de la posibilidad de algo que motivan a comprobarlo; lo *real científico* es expansivo, va avanzando hacia nuevos territorios que se labran en tanto los humanos afinan sus alcances de comprobación de conocimiento, el método científico le infiere cualidades autocríticas al conocimiento, le permite corregirse, moverse, expandirse, en ocasiones incluso hacia descubrir que las certezas previas eran equivocas o parciales.

Los sueños son un claro ejemplo de *realidad natural*, todos soñamos pero no podemos comprobar nuestro universo onírico, podemos saber de sus indicios, en la actualidad por medio de la tecnología, de la actividad neuronal que indica que se están construyendo imágenes y sonidos cuando se sueña; pero aún no se han comprobado dichos sueños, sólo podemos escuchar los testimonios y tener la alternativa de creerlo o no. Según algunas notas recientes, equipos de científicos en países como Japón y Estados Unidos de Norteamérica, trabajan en la construcción de dispositivos electrónicos para grabar los sueños, algunos afirman tener sistemas capaces de registrar actividad neuronal a niveles muy avanzados, si esto es verdad y la ciencia sigue en ello,

tendremos una impactante expansión en donde se traspasan las fronteras entre *lo real natural* y *lo real científico*. La historia humana está plagada de estas expansiones: la humanidad echó mano del pensamiento mágico para explicarse todo aquello que no entendía de la realidad natural, ideó dioses hasta que descubrió que el fenómeno de los gigantes de humo y fuego se explica al saber que hacia el centro de la tierra hay materia ígnea y es expulsada eventualmente por respiraderos naturales a los que la realidad científica llamó volcanes; que el ser que brilla durante el día es una estrella conformada en su mayor parte por hidrógeno y helio, el sol; que las pequeñas luces en el cielo nocturno que en conjuntos ordenados forman figuras de seres mitológicos, son enormes cuerpos a años luz que constituyen parte del universo en expansión.

Entre la *realidad natural* y la científica hay una delgada frontera a la que no es fácil aproximarse y en la que, como ya mencioné, se corren peligros. La Neurociencia es una disciplina que en una buena medida, sobretodo en lo relacionado con la mente, trata de llegar a dicha frontera, de convertir de la *realidad natural* en *científica*. Mencioné ya a los sueños, también podríamos hablar de los pensamientos, las creencias, los sentimientos... ¿Cómo comprobamos el amor? ¿Cómo le decimos a alguien que su amor no es real porque no lo puede probar? Los sentidos entonces se convierten en ventanas del alma y también en límites de la relación entre el ser humano y el mundo. Lo que llamamos realidad es una mínima versión de múltiples realidades,

estructurada a partir de lo que cada uno de nosotros puede de sentir, percibir, expresar y de la conciencia que tenemos de ello; conciencia definida como el estado emergente de la interacción de cuando menos cien mil millones de nodos a través de una red de tipo toroide cuatridimensional, cuya energía se contrae y expande constantemente y de forma simultánea, transportándose por todo el sistema y con distintos niveles de entropía.

El neurocientífico Anil Seth menciona que sin la experiencia consciente no hay percepción de la realidad, no hay conciencia del yo¹²⁷, del aquí, del ahora... Pero ¿cómo sucede la experiencia consciente?

¹²⁷ Respecto a la conciencia y su relación con la percepción es interesante dar un vistazo a la *visión ciega* respecto a lo que Gallagher y Zahavi (2013:101-102) nos dicen: “una forma de ceguera causada no por una lesión en los ojos sino por una lesión en el córtex visual primario (V1) (...). Los ojos de un paciente de visión ciega enviar la información visual a su cerebro, pero él no tendrá percepción visual consciente a causa de la lesión cerebral. La información enviada por los ojos, sin embargo, puede todavía registrarse y ser procesada en otras partes del cerebro (...).

Por desgracia, la información que viaja a través de esta otra ruta no permite al paciente tener la experiencia consciente de visión. Lo curioso y singular acerca de la visión ciega es que el paciente, no obstante, puede detectar y localizar estímulos visuales si se le pide que lo haga. Si se le presentan estímulos visuales, el paciente dirá que no puede verlos, porque, claro, es ciego. Pero si se le hace adivinar dónde se presentan precisamente los estímulos, o se le interroga en la naturaleza de los mismos -forma, posición, etc.-, acierta en sus conjeturas en un promedio por encima del azar.

Los pacientes de visión ciega bien pueden alcanzar y agarrar objetos situados en su campo en un 80% de precisión normal. Incluso pueden atrapar una pelota lanzada contra ellos (...).

La importancia de la visión ciega para los teóricos del orden superior es que el paciente (...) está en un estado mental no consciente con respecto al estímulo que no puede ver conscientemente. La pregunta es entonces: ¿qué es lo que hace que este estado mental sea diferente de un estado mental consciente? Los teóricos del orden superior afirmarán presumiblemente que el estado mental no consciente del sujeto con visión ciega es el mismo que un estado mental consciente de la persona con visión normal, excepto que, en el último caso, el sujeto es consciente de él a través de una percepción de orden superior (HOP) o de un pensamiento de orden superior (HOT) (...). Rozental (1993c) incluso sostiene que los estados mentales no conscientes tienen propiedades cualitativas que hacen de ellos un tipo de estado y no otro (es decir, estado perceptivo versus estado de creencias, o tal vez estado visual versus estado auditivo) Y que si los estados mentales se hacen conscientes, las propiedades cualitativas son las que les dan su particular <<como qué es>>.

Somehow within each of our brains the combined activity of many billions of neurons each one a tiny biological machine are working together to generate a conscious experience, and not just any conscious experience, your conscious experience right here and right now.¹²⁸

Seth piensa en la conciencia de dos maneras: aquella proveniente del mundo que nos rodea y aquella vinculada con el *yo* consciente, con la experiencia de ser *yo*.

En el primer caso los exterorreceptores vinculados con los sentidos y las funciones neuronales que permiten percibir las señales eléctricas que llegan a partir de estímulos externos, son fundamentales¹²⁹. Se trata de cuando cierta información llega al alcance de nuestros sentidos y, como ya hemos mencionado, es detectada por una terminación nerviosa especializada que la transduce en impulsos nerviosos, impulsos eléctricos que van hacia la médula espinal o directamente al cerebro donde, pasando de una neurona a otra, se genera la conciencia de la sensación.

En cuanto a la segunda manera en que Seth piensa la conciencia, es una especie de comunicación interna y personal, que permite al

¹²⁸ [De alguna manera dentro de cada uno de nuestros cerebros, la actividad combinada de muchos miles de millones de neuronas, cada una de las cuales es una pequeña máquina biológica, está trabajando en conjunto para generar una experiencia consciente, y no cualquier experiencia consciente, tu experiencia consciente aquí y ahora.] TED, 2015

¹²⁹ Las neuronas que reciben información del entorno se denominan neuronas sensitivas primarias. En esta categoría se incluyen fotorreceptores, quimiorreceptores, mecanorreceptores, termorreceptores y nociceptores. (...) En la mayoría de neuronas sensitivas primarias el estímulo provoca un potencial despolarizante gradual, denominado potencial generador. El proceso de conversión de la entrada sensorial en una forma interpretable por el sistema nervioso es la transducción. Cada tipo de receptor sensitivo transduce un estímulo químico o físico externo en cambios eléctricos o químicos que pueden entonces transmitirse como señales dentro del sistema nervioso. (Haines, 2014)

humano saberse él. Así, la percepción se convierte un proceso de “conjeturas informadas” en el que los impulso sensoriales se relacionan con las ideas previas de la realidad para inducirla, donde el cerebro actualiza constantemente sus posturas ante lo que entra a su ser, haciendo sus mejores suposiciones e interpretaciones de la realidad y generando interpretaciones que consideramos adecuadas para el espacio y tiempo en que nos encontramos, generando la realidad del mundo que vivimos en una alucinación constante, que incluye el “ser yo”, a la que, mientras estemos de acuerdo con ella, llamaremos realidad. En la medida en que nuestra percepción de la realidad esté parcializada y autoinducida, tendremos la necesidad de intentar crear una relación coherente entre nosotros y el universo.¹³⁰

2.5. Neuroplasticidad y Neurogénesis

Hemos mencionado que hoy en día contamos con instrumentos de medición y mediación basados en la lectura del comportamiento electroquímico del cuerpo humano.

(...) hasta el último cuarto del siglo XX, no hubo dónde encontrar teorías sobre la percepción, la emoción, la cognición y la inteligencia (con la notable excepción de la visión del color). Durante la mayor parte del siglo XX, para explicar la conducta humana lo único que

¹³⁰ Finally, our individual inner universe, our way of being in conscious is just one possible way of being conscious, and even human consciousness generally is just a tiny region in a vast space of possible consciousnesses, our individual cells and worlds are unique to each of us but they've all grounded in biological mechanisms share with many other living creatures (...). We are part of, not apart from, the rest of nature, and when the end of consciousness comes, there's nothing to be afraid of. Nothing at all. [Finalmente, nuestro universo interior individual, nuestra forma de ser consciente es solo una forma posible de ser consciente, e incluso la conciencia humana generalmente es solo una pequeña región en un vasto espacio de conciencias posibles, nuestras células individuales y mundos son únicos para cada uno de ellos. nosotros, pero todos se han basado en mecanismos biológicos que comparten con muchas otras criaturas vivientes (...) Somos parte del resto de la naturaleza, no estamos separados de él, y cuando llega el fin de la conciencia, no hay nada que temer. Nada en absoluto.] TED, 2015

pudimos ofrecer fueron dos edificios teóricos -el freudismo y el conductivo-, que acabaron espectacularmente eclipsados en las décadas de 1980 y 1990, cuando por fin la neurociencia consiguió salir de la Edad de Bronce (...). En la última década, hemos visto que la neurociencia llegaba a tener la suficiente confianza en sí misma como para empezar a proponer ideas a disciplinas que tradicionalmente han sido reivindicadas por las humanidades.¹³¹

Entre las cosas que hoy podemos reconocer están la *neuroplasticidad* y la *neurogénesis*. Aguilar (2003:57) dice que la *plasticidad cerebral* es “la adaptación funcional del Sistema Nervioso Central para minimizar los efectos de las alteraciones estructurales o fisiológicas, sin importar la causa originaria.” y continúa diciendo que “ello es posible gracias a la capacidad que tiene el Sistema Nervioso para experimentar cambios estructurales-funcionales detonados por influencias endógenas o exógenas, las cuales pueden ocurrir en cualquier momento de la vida”.

El conocimiento sobre *neuroplasticidad* y *neurogénesis*, entendiendo a la primera como la regeneración y readaptación de las neuronas y a la segunda como el nacimiento de nuevas neuronas, nos permite saber que nuestro cerebro está en constante transformación dada a partir de: intercambios químicos entre neuronas, alteraciones estructurales y/o alteraciones funcionales. La Doctora en Neurobiología del Aprendizaje Lara Boyd, sostiene que “el principal generador de cambio en el cerebro humano es el comportamiento”, el comportamiento modifica el cerebro y el cerebro modifica el comportamiento y cada humano construye dicha relación en procesos simbóticos o no, a partir de las maneras personales en que se enfrenta al conocimiento (considerando

¹³¹ Ramachandran, 2012:70

que en la naturaleza humana, las similitudes y disimilitudes de las personas respecto a la especie, se conjugan y conviven). Nuestra mente y el encéfalo mismo, se modifican a partir de lo que hacemos pero también de lo que no, por consiguiente, nuestros hábitos aportarán para que la memoria se apropie de lo que le parezca un componente indudable de aquella relación coherente con entre nosotros y el universo¹³².

El *efecto neuroplástico y neurogenético* se trata de observar el cambio estructural a nivel sináptico, en el cerebro de sujetos que son expuestos a cierta acción o estímulo; en el territorio de esta investigación a acciones o estímulos artísticos.

(...) las neuronas, como elementos celulares individuales, son tremadamente complejas y sus componentes se han optimado de forma exquisita, por lo que su capacidad de cambio y modificación es, necesariamente, muy limitada. Afortunadamente, estas unidades celulares altamente estables operan de manera integrada en redes neuronales que garantizan la estabilidad funcional, al tiempo que proporcionan el sustrato necesario para un adaptación rápida a demandas cambiantes. El cambio dinámico de las redes neuronales podría considerarse el invento de la evolución para que el sistema nervioso pueda escapar a las restricciones de su propio genoma (y su alto nivel de especialización celular) y adaptarse de manera fluida y rápida a las presiones del medio, los cambios fisiológicos y las experiencias.¹³³

¹³² Un sistema nervioso con conexiones totalmente rígidas puede tener sentido en un mundo rígidamente codificado, donde todo puede ser identificado mediante una única etiqueta, donde nada cambia, y donde todas las situaciones que un organismo tiene probabilidades de encontrarse -y toda posible reacción ella- están predeterminadas y se conocen de antemano. Por supuesto, esto está lejos de ser cierto. Una de las características principales de nuestro entorno es que se halla en un estado de cambio permanente. Un sistema con conexiones rígidas en un entorno en continuo cambio iría en contra de los grandes principios biológicos englobados en la doctrina darwiniana de la supervivencia -que implica adaptabilidad al cambio-, de la adaptabilidad -que implica plasticidad-, y de la plasticidad -que implica variabilidad-. Por tanto, lo que se debería esperar de las conexiones corticales es una cierta cantidad de plasticidad o de modificabilidad. (Zeki, 1995:246)

¹³³ Leoné y Tormos, 2014:304

Halos neuronales, resonadores magnéticos funcionales o equipos de electroencefalografía del alta resolución nos permiten “observar” regiones cerebrales activas de un cerebro humano ante un estímulo o una acción determinada. La actividad neuronal ante estímulos de distinta índole presuponen la generación de plasticidad neuronal, la capacidad del encéfalo de adaptar y reconfigurar su funcionamiento a través de su enacción con el mundo. Los aparatos y técnicas de observación neuronal y/o del encéfalo son cada vez más sofisticados y la electroencefalografía se ha convertido en un modo asequible que tienen enormes limitaciones pero permite la obtención de información sobre el comportamiento de la actividad eléctrica de las distintas frecuencias cerebrales. Las observaciones de actividad eléctrica encefálica a través de EEG, se remontan a más de siglo y medio atrás, y es una tecnología que ha encontrado múltiples aplicaciones no siendo una excepción el arte.

Observar el comportamiento del encéfalo puede ofrecer información útil para el reconocimiento de la comunicación estética del Arte; sin embargo reitero que esta investigación no trata de comprender al Arte a partir del efecto neuroplástico sino de observarlo para abonar conocimiento desde un campo en proceso que aún guarda muchos secretos para la limitada comprensión humana. Leoné y Tormos (2010:306) dicen que “El desafío es aprender lo suficiente acerca de los mecanismos de plasticidad y las relaciones de correspondencia

entre la actividad cerebral y el comportamiento (...)"'. Eso significa que nuestras neuronas están en un proceso creativo constante más allá de nuestro control, se readaptan todo el tiempo, cada segundo en que dejamos de ser lo que éramos el segundo anterior nuestro ser encuentra las maneras de adecuarse para el nuevo yo; desde las etapas críticas de la infancia hasta los distintos períodos de nuestra vida.

Y a pesar de no tratar de comprender al Arte a partir del efecto neuroplástico, esta investigación sí lo ve como una actividad generadora de neuroplasticidad y posiblemente neurogenesis, desde la creación hasta la recepción y deja como línea de investigación futura la posibilidad de realizar un proceso que trate de obtener evidencia contundente de este fenómeno a partir del vínculo entre el humano y la obra de Arte.

RECAPITULACIÓN

El objetivo de este capítulo fue aproximarnos al *Arte Neuronal* desde bases anatómicas funcionales, científicas y objetivas, en un acercamiento en que la Ciencia y el Arte cruzan sus fronteras, se retroalimentan, se reconocen de modo profundo.

Para ello se trabajó con lo que llamo Metodología de Asimilación de Campo, que pasa por: **Leer** lo que no se comprende, **Reflexionar** lo leído a partir de los **conocimientos previos**, **Reafirmar, significar o resignificar** a través del diccionario, **Relacionar** la información inicial

nutrida por su reciente proceso de significación, **con la información** pertinente **de otros campos de conocimiento** implicados, **Realizar ejercicios expresivos** que permitan saber si, y hasta qué punto, hemos asimilado la información para entonces **comenzar la relación** de estos conocimientos **con el Arte**. Esta Metodología es pertinente dado que “El *Arte Neuronal* no trata de utilizar palabras que adjetiven a los objetos artísticos que se circunscriben a él, sino de que la creación de estos objetos esté fundada en vínculos profundos entre estos campos.”

Esto nos permitió observar al cuerpo humano desde una perspectiva de *sistemas* entendiendo que “en las ciencias biológicas se utilizan las denominaciones de sistema y aparato para designar al conjunto de órganos que contribuyen a realizar una función general común (...).”. Siendo el *sistema nervioso* “un conjunto de órganos y estructuras, ampliamente distribuidos por todo el organismo, que realiza la función integradora de regulación nerviosa.”. Un sistema que trasmite, interpreta y procesa información hacia todo el conjunto corporal a través de impulsos nerviosos.

Observamos también a la neurona, la unidad básica del *sistema nervioso*, tipificadas según: el tipo de células que son, sus efectos postsinápticos, el lugar de contacto sináptico o la forma en que transmiten la información. Y por otro lado a la sinapsis, “la unión intracelular de las neuronas que permite que un impulso nervioso sea transmitido” y que sucede gracias a la “liberación de

neurotransmisores por parte de la neurona presináptica, que interaccionan con moléculas específicas de la célula postsináptica". Dichos "*neurotransmisores* pueden tener un efecto agonista y uno antagonista en la misma neurona y cambiar su efecto entre cada una".

Y de entre las neuronas nos centramos en los receptores sensoriales, neuronas especializadas en recibir información de cierto tipo, misma que será procesada por los sistemas sensoriales; estas células se encuentran en partes específicas de los órganos sensoriales: la lengua, la piel, la nariz, los ojos, los oídos, y se clasifican por ejemplo: por el tipo de estímulo que reciben: electricidad, energía mecánica, energía fotónica, temperatura, sustancias químicas, etcétera; o por de dónde procede el estímulo: del interior del cuerpo, del exterior del cuerpo o sensibles a la posición del cuerpo en el espacio. Centrados en los receptores sensoriales, repasamos la clasificación de los sistemas sensoriales y motor del cuerpo humano a los que estos pertenecen. Dicha clasificación está basada en los libros *PRINCIPIOS DE NEUROSCIENCIA, Aplicaciones básicas y clínicas* (2014)¹³⁴ y *NETTER ATLAS DE NEUROSCIENCIA* (2016)¹³⁵ y se divide en el sistema motor, el sistema vegetativo-hipotalámico-límbico, el sistema vestibular y los sistemas sensoriales: gustativo, auditivo, visual, olfatorio, somatosensitivo que implica: tacto, propiocepción, sensaciones térmicas y nocicepción.

¹³⁴ Haines, 2014

¹³⁵ Felten, O'Banion & Maida, 2016

Esta información nos permitió adentrarnos en el proceso fisiológico de la información que va desde que ésta es internada en el cuerpo y pasa por una serie de procesos que la llevan a convertirse en información desecharable o significativa, a transformarse en emociones, sentimientos, ideas, pensamientos, posturas o formas de expresión. Desde la *senso-transdu-percepción* hasta la *neuroplasticidad*, pasando por la memoria y la experiencia, la abstracción, el razonamiento, la expresión y la construcción de la realidad a través de la mediación de los sentidos, logramos reconocer las bases fisiológicas y el camino que recorre la información que finalmente es base estructural fundamental de nuestra mente y de nuestro modos de expresión, por ejemplo los del Arte de manera general y el *Arte Neuronal* en particular.

3. ARTE NEURONAL

Hablar de *Arte Neuronal* es hablar del *sistema nervioso central* a nivel neuronal en relación con el Arte. Todo el Arte siempre ha estado conectado al *sistema nervioso central* dado que esa acción no es una construcción humana sino funcionamiento determinado por el orden natural de la especie, pero en el caso del *Arte Neuronal* esa conexión se hace consciente y se utiliza, mediada por la tecnología, para la creación y recepción de las obras de Arte de este tipo.

Es muy importante recordar que cuando se utiliza la palabra neuronal nos estamos refiriendo el funcionamiento del *sistema nervioso central* y cuando se utiliza la palabra neural es específicamente al de la neurona. Van de la mano, lo neural está contenido en lo neuronal, con embrago crucial reconocer la diferencia en torno a esta investigación.

A partir del proyecto *Principios de Artes de la Complejidad*, apoyado por el Fondo Nacional para la Cultura y las Artes, el artista Antonio Isaac Gómez impulsó su concepto *Arte Neural*¹³⁶ en torno a su obra

¹³⁶ *Arte Neural* yo lo entendería como un campo de acción emergente que ha sido utilizado ancestralmente y durante todos los momentos del Arte pero en este momento tenemos la enorme ventaja de poder contar con la Neurociencia para poder comprenderlo un poco más a fondo; entendiendo que también la Neurociencia es un campo emergente y que apenas está dando sus primeros pasos. El Sistema Nervioso Central, más allá de solamente el cerebro y con eso la noción de solamente la mente está comprendido por el cerebro, por la médula espinal y por toda la primera capa de lo que comprenden los nervios, que tanto reciben como envían información; entonces el *Arte Neural* no nada más tiene que ver con lo que sucede en la mente sino con lo que sucede en todo el proceso dinámico de sensación y percepción a través de, desde los biosensores de la piel hasta su interpretación y las consecuencias que esta tiene en los estados inducidos de la mente medidos a través de sistemas neuronales, es decir la actividad específica de núcleos neuronales o de zonas claramente identificadas, cuando menos hasta este momento, del cerebro. (Antonio Isaac Gómez, 2018)

artística; concepto que explora, en sus propias palabras “a partir de la posibilidad de que el efecto que causa en el ser humano la exposición hacia una obra esté directamente conectado al *sistema nervioso central*” y que en su máxima expresión prescinde de la materialidad externa a los cuerpos del creador y del receptor, para dar paso a una forma de comunicación de la obra a nivel puramente energético y neural. Es una idea poderosa y que advierte un territorio de creación e investigación muy interesante, sin embargo a mi me llevó a reflexionar en otro sentido, que se relaciona pero al mismo tiempo parece ir a lo opuesto en cuanto a la materialidad, así comencé a pensar el *Arte Neuronal*¹³⁷, en que ubicaría como punto de partida a la obra *Music for Solo Performer* de Alvin Lucier de 1965 y que gira en torno a toda aquella producción artística, de distintos y distantes lugares del mundo, que se configura en una especie de corriente con cualidades específicas en sus modos de producción y que implican:

- 1) El conocimiento y uso consciente del funcionamiento neuronal (con lo neural contenido en éste) humano, tanto en la creación como en la recepción de los objetos de arte.
- 2) Materialidades ancladas a los lenguajes artísticos tradicionales, pero mediadas por tecnología que permite el uso del conocimiento y funcionamiento neuronal en la creación y recepción del Arte.
- 3) Fundamentos teórico-prácticos basados en la senso-transdu-

¹³⁷ Cabe aclarar que ni *Arte Neural* ni *Arte Neuronal* son consecuencias ni suplantaciones de conceptos como Neuroestética y/o Neuroarte, ni un capricho del artista por tener su propio concepto; parte de algo que tiene sus propias implicaciones y por ello requirió su propia conceptualización.

percepción y el funcionamiento neuronal, es decir, en los momentos de procesamiento de información en el ser humano, principalmente en los previos al razonamiento (no es que el *Arte Neuronal* no llegue a éste, es que pone atención en lo que sucede antes de que comencemos a relacionar información de forma consciente y a construir conclusiones, posturas, ideas, etcétera).¹³⁸

En el camino hacia la consolidación del concepto *Arte Neuronal* hay que desarrollar, por un lado lo referente al *Arte* y por otro lo referente al término *Neuronal* para, posteriormente, unificar los fundamentos de estos dos campos de saber.

En el territorio del *Arte*, consideremos como propuesta la siguiente aproximación conceptual, que puede desarrollarse pero que por ahora es suficiente para nuestro objetivo: Creación de piezas con una evidente configuración estética y/o conceptual, materializadas en soportes determinados por el lenguaje y/o corriente artística de que se trate, en los que se evidencian en el exterior del artista: sueños, ideas, pensamientos, posturas, creencias, etcétera, provenientes de su interior. Se trata de la actividad que implica la creación de piezas, configuradas

¹³⁸ Tanto de un modo holista como reduccionista la ciencia se ha percatado de que el cerebro no se limita a reproducir la realidad del mundo exterior, sino que ya en las etapas iniciales de la transducción sensorial se produce una abstracción y una reestructuración de lo recibido. El cerebro no es, por tanto, un mero «replicador» del mundo externo, sino que lleva a cabo un importante proceso de elaboración de cuantos estímulos aprehende. Esta conclusión del moderno estudio científico del cerebro, que concuerda, como hemos apuntado, con las reflexiones en el marco de la teoría de la Gestalt en psicología, encuentra también un interesante eco en la filosofía de Kant. Según el pensador de Königsberg, el sujeto cognosciente no se limita a recibir, pasivamente, datos del mundo empírico, sino que entiende los objetos desde las categorías que posee ‘a priori’. Por otra parte, y aunque la teoría del conocimiento de Aristóteles difiere notablemente de la de Kant, el Estagirita concibe el acto intelectual como la abstracción de «formas» de la realidad, noción estrechamente relacionada con el concepto de Gestalt. (Blanco, 2014:90)

desde la capacidad estética y/o desde el universo de las ideas, que son la representación perceptible de aquello que el creador-artista quiere colocar en el mundo. He notado que cada creador tiene distintos y validos fines al ejercer la labor de "artista", hay quienes aseveran tener dentro de sí la necesidad incontenible de expresarse y comunicarse a través de esta actividad; otros dicen querer cambiar al mundo a partir de la irrupción de la cotidianidad con piezas que pretenden promover fenómenos como la reflexión, el escándalo, la catarsis...; algunos dicen que crean aquello que les gustaría percibir, que realizan esta actividad para ellos en primera instancia; otros no dicen nada, sólo hacen; etcétera. Para los objetivos de esta tesis asumiré como válidos todos esos objetivos además de que no entrará en la discusión de qué es arte y qué no, no es el tema que nos compete, hablo del *Arte* desde una idea general.

El territorio de lo *Neuronal* se trata de la observación de las estructuras neuronales, su funcionamiento y su participación en la mente enactiva¹³⁹, cuya teoría “asume los postulados y resultados de las corrientes de la mente extendida y corporizada pero dando un paso más allá.”¹⁴⁰

¹³⁹ La idea de mente como “enacción”, de acuerdo a los planteamientos de su creador Francisco Varela, afirma que la cognición no es representación (...). Propone entonces la designación “enactivo” para esta nueva orientación de la cognición, neologismo que proviene del verbo inglés *to enact*, que significa “poner en ejecución” (por ejemplo una ley), pero también “representar” o “actuar” en el sentido que se le da al trabajo del actor. Lo que en suma desea enfatizar es la “creciente convicción de que la cognición no es la representación de un mundo pre-dado por una mente pre-dada sino más bien la puesta en obra de un mundo y una mente a partir de una historia de la variedad de acciones que un ser realiza en el mundo”.

La idea matriz del movimiento en activo es que el conocimiento es acción en el mundo (que perfectamente podría llamarse ejecución) y no representación del mundo. (G. Bedia y Castillo, 2010:110)

¹⁴⁰ G. Bedia y Castillo, 2010:110

Esta idea suena simple pero entra al territorio de lo complejo cuando aplicamos esto al quehacer específico del Arte y cuando comienza la necesidad de reconocer las relaciones, niveles, sistemas, formas de comportamiento ante lo inesperado, lo caótico, la incertidumbre, entre otras cosas.

Mientras que el pensamiento simplificador desintegra la complejidad de lo real, el pensamiento complejo integra lo más posible los modos simplificadores del pensar, pero rechaza las consecuencias mutilantes, reduccionistas, unidimensionales y finalmente cegadoras de una simplificación que se toma por reflejo de aquello que hubiere de real en la realidad.¹⁴¹

Tradicionalmente, el estudio de lo neuronal ha tenido que pasar por momentos que requieren de una mirada simple, enfocada en la individualidad de cada parte que lo conforma, y otros donde ha debido ser una mirada amplia, compleja, que llega a conclusiones a partir de unir las partes, comprender las relaciones entre ellas y ver al fenómeno como un todo. Blanco (2014) habla de las aproximaciones reduccionista y holista para aproximarse a los problemas fundamentales de la sobre los mecanismos biológicos en que se basa la actividad mental.¹⁴²

(...) Las estrategias reduccionistas «o “de abajo arriba”, tratan de analizar el sistema nervioso a partir de sus componentes elementales,

¹⁴¹ Morin, 1994:11

¹⁴² Es interesante notar que aquí no se presupone un posicionamiento filosófico cuya formulación abogue por el reduccionismo o por el holismo como claves hermenéuticas de la realidad, sino que, en ambos casos, estamos ante una serie de metodologías de trabajo que han de ser juzgadas a tenor de su utilidad científica, de su vigor para propiciar descubrimientos que amplíen nuestro conocimiento sobre la estructura y el funcionamiento del sistema nervioso, en especial de las facultades mentales. (Blanco, 2014:87)

examinando una molécula, una célula o un circuito al mismo tiempo». Los planteamientos holistas, «o “de arriba abajo”», por el contrario, «se centran en las funciones mentales presentes en los seres humanos que se comportan en estado de alerta y en animales intactos experimentalmente accesibles, intentando relacionar tales comportamientos con características de orden superior de grandes sistemas de neuronas».¹⁴³

Ante estos dos modos de abordar el tema, la Neurona (la célula nerviosa de los cuerpos animales) se coloca como un nodo unificador de aquello que estudia la Neurociencia. Aunque parte más de lo reduccionista, la neurona¹⁴⁴ al ser la unidad estructural y funcional del *sistema nervioso central*, una pequeña célula con su aparente simpleza, es el pilar de un universo de conocimientos que parte de la Neurociencia pero repercute en las Ciencias Cognitivas y en los vínculos que estás dos disciplinas han gestado, por ejemplo, el *Arte Neuronal*.

Es importante dejar claro que la historia de la Neurociencia ha demostrado la necesidad y aportes de los dos puntos de vista, el holístico y el reduccionista, de manera que exhorto al lector a tener una mente abierta a las dos posturas para reconocer cuando es valiosa una, cuando la otra y cuando se requiere de su integración. Blanco

¹⁴³ Blanco, 2014:87

¹⁴⁴ La neurona como unidad estructural y funcional del cerebro es un pilar fundamental de las ciencias biológicas. La doctrina de la neurona puede definirse como la teoría celular aplicada al cerebro. La hipótesis iónica explica cómo se transmite la información en el seno de las células nerviosas y cómo se generan las señales eléctricas en las células nerviosas individuales. La teoría química de la transmisión sináptica muestra cómo se comunican las células nerviosas entre sí mediante la liberación de señales de naturaleza química denominadas «neurotransmisores», que son reconocidas por moléculas receptoras. Las tres «encapsulan» gran parte de los conocimientos que poseemos, a día de hoy, sobre las células nerviosas individuales²¹⁷ desde una aproximación reduccionista, y el grado de sofisticación de nuestro entendimiento de estos procesos ha llegado a tal punto que, a juicio de algunos autores, la «era romántica» del estudio de la electrofisiología de las neuronas está a punto de ser clausurada. (Blanco, 2014:89)

(2014), lista una serie de aportes al estudio del *sistema nervioso central*, que ha dejado cada uno de estos puntos de vista, la mirada reduccionista:

- 1) El descubrimiento de la Neurona como unidad estructural y funcional del cerebro, siendo una célula independiente con un cuerpo neuronal provisto de un axón que se comunica, a través de la sinapsis, con la neurona contigua.
- 2) La hipótesis iónica sobre la generación de la señal eléctrica.
- 3) La teoría química de la transmisión sináptica.
- 4) Los descubrimientos sobre la naturaleza del aprendizaje y de la memoria como reforzamiento o debilitamiento de las conexiones sinápticas, así como la distinción entre formas de aprendizaje y de memoria (a largo y a corto plazo, implícita y explícita...).

La mirada holista:

- 1) Localización de la función cerebral en las distintas áreas de este órgano.
- 2) Localización de las funciones cognitivas de los hemisferios cerebrales.
- 3) Los hallazgos de la psicología sobre el carácter unitario de lo percibido, como una totalidad no reducible a la suma de sus partes.

Así como Antonio Isaac lo dice para el *Arte Neural*, el *Arte Neuronal* es un campo relativamente emergente pero utilizado, en idea no en

nombre, ancestralmente y durante todas las etapas de la historia del Arte y que en nuestra época se encuentra con las aparentes certezas neurocientíficas y tecnológicas que permiten comprenderlo y realizarlo a mayor profundidad. Digo -aparentes certezas- porque la Neurociencia y el desarrollo tecnológico son campos en constante movimiento, que generan avances día con día, a veces sorpresas y giros completos; hoy contamos con cosas muy avanzadas respecto al pasado que seguramente serán básicas en el futuro.

El *Arte Neuronal* implica interesantes discusiones, sobre él aún no hay mucha investigación consistente, ni en la teoría ni en la práctica, porque aún no llegamos al punto de convergencia entre tecnología y capacidad humana que nos lo permita con facilidad. Este tipo de investigaciones y procesos creativos tienen costos altos, la tecnología requerida no es fácil de obtener a veces incluso teniendo los recursos económicos; en ocasiones se logran alianzas con instituciones que la tienen pero normalmente estos lugares no están dispuestos a dedicar recursos al Arte cuando tienen que lidiar, por ejemplo, con temas médicos. Lo que es importante reconocer es que, aunque el *Arte Neuronal* en este punto de su historia ha impulsado la producción de muchas piezas e investigaciones alrededor del mundo, sigue siendo un campo flexible, con mucho por descubrir, con postulados que en ocasiones se encuentran en la utopía, en el posible futuro, en cuando exista la tecnología o la evolución humana que permita que ciertas cosas sucedan. A lo largo de mi investigación he podido observar que

hay obras de Arte que avanzan de modo sólido hacia ideas utópicas, por ejemplo el *Arte Neural* y la posibilidad que la obra no tenga una base material como la conocemos sino que se transmita de la mente del creador a la del receptor; no sé si llegaremos a esto pero sé que los conocimientos y experiencias que se generan a partir de reflexionar el vínculo entre Neurociencia y Arte han hecho surgir una corriente artística alrededor del mundo, no tan amplia como otras y con muchos detractores, pero cuya existencia es innegable. La idea del *Arte Neuronal* se relaciona con investigaciones y procesos predecesores de personajes como: Vilayanur Ramachandrá, Semir Zeki, Alvin Lucier, entre otros; avanzando, tal como avanza el conocimiento, en el sustento tanto fisiológico como conceptual del estudio del vínculo entre el Arte y el funcionamiento neuronal del ser humano.

3.1. Neurocultura

The epicenter of neuroculture rests not solely on neuroscience or cognitive neuroscience as such, but on the recognition, once again, that human existence is the product of long process of change and necessities (Monod 1971) that has lasted millions of years. Revealing the neural mechanism through which man reached his current neuroanatomical organization and its corresponding functional organization will provide a better understanding not just of man in society but also of the world around him.¹⁴⁵

El sistema sensorial humano, en su devenir en el espacio-tiempo, ha

¹⁴⁵ [El epicentro de la neurocultura no descansa únicamente en la neurociencia o neurociencia cognitiva como tal, sino en el reconocimiento, una vez más, de que la existencia humana es producto de un largo proceso de cambios y necesidades (Monod 1971) que ha durado millones de años. Revelar el mecanismo neuronal a través del cual el hombre alcanzó su organización neuroanatómica actual y su correspondiente organización funcional proporcionará una mejor comprensión no solo del hombre en la sociedad, sino también del mundo que lo rodea.] Mora, 2015:7

generado una serie de producciones de distinta índole, vinculadas con las necesidades receptivas y expresivas, a nivel estético, de los individuos y el conocimiento que de ello se genera. El análisis de los procesos que suceden en dicho sistema, a partir del conocimiento que nos brinda la Neurociencia, es un tema que hoy se reflexiona de forma importante en distintos ámbitos de investigación.

Cada época histórica representa la búsqueda de conocimiento con afán de supervivencia y de respuesta a preguntas filosóficas fundamentales sobre el ser humano y lo que ellas traen; en cada momento histórico se han dado tendencias artísticas, científicas, etcétera, que muestran las inquietudes de los humanos testigos de la realidad que nos toca vivir, quienes al mismo tiempo no podemos notar más que una parte velada de ella. Nuestra época no es la excepción y la Neurociencia potenciada por la tecnología, nos hace estar interesados en entender el universo a través de la comprensión del funcionamiento neurobiológico humano, este interés no es exclusivo del humano contemporáneo pero se encuentra potenciado por los avances tecnológicos que, en magnitudes austeras respecto a lo que vislumbra el futuro pero avanzadas respecto al pasado, permiten detectar la actividad del cuerpo en relación a la recepción, procesamiento y transmisión de información a nivel del *sistema nervioso central*.

La idea de cultura en la actualidad no puede negar una tendencia al interés por el conocimiento neuronal.

Over half a century ago, Kroeberg and Kluckhohn (1952), making a brief summary of the more than 160 definitions of culture, concluded that “[c]ulture consist of patterns, explicit and implicit, go and for behavior acquired and transmitted by symbols, constituting the distinctive achievement of human groups, including their embodiments in artifacts; the essecial core of culture consist of traditional (i.e. historically derived and selected) ideas and especially their attached values; culture systems may, on the one hand, be considered as products of action, and on the other as conditioning elements, of further action”.¹⁴⁶

El doctor en neurociencia y medicina Francisco Mora introdujo con su texto *Neurocultura, una cultura basada en el cerebro* de 2007, este concepto. Mora resaltó la cualidad histórica de la sucesión temporal, la renovación y el enriquecimiento entre unas y otras culturas y colocó a la ciencia como “la protagonista de ese nuevo ciclo”:

Many people see in science the protagonist of this new period announced by Steiner. It is in this new period or culture that new answers to old and universal questions such as those related to the nature of mind and consciousness, thew social and moral nature of man, and, most particularly, what drives us to make and appreciate art (Levallois et al. 2012, Mora 2007), are anticipated to be found. The changes will be based on the knowledge of how the human brain operates because it is in the brain integrated and interacting with the rest of the body (Mora et al. 2012b) and with its physical and social environment that determines everything man does and expressed in his behavior, feelings, thoughts, or beliefs (Mora 2007).¹⁴⁷

¹⁴⁶ [Hace más de medio siglo, Kroeberg y Kluckhohn (1952), haciendo un breve resumen de las más de 160 definiciones de cultura, concluyeron que “[c]ultura consiste en patrones, explícitos e implícitos, de comportamiento adquirido y transmitido por símbolos, que constituye el logro distintivo de los grupos humanos, incluidas sus encarnaciones en artefactos; el núcleo esencial de la cultura consiste en ideas tradicionales (es decir, históricamente derivadas y seleccionadas) y especialmente sus valores adjuntos; los sistemas culturales pueden, por un lado, ser considerados como productos de la acción y, por el otro, como elementos condicionantes de la acción ulterior.”] Mora, 2015:3

¹⁴⁷ [Mucha gente ve en la ciencia a la protagonista de este nuevo período anunciado por Steiner. Es en este nuevo período o cultura que surgen nuevas respuestas a viejas y universales preguntas como las relacionadas con la naturaleza de la mente y la conciencia, la naturaleza social y moral del hombre y, muy particularmente, lo que nos impulsa a hacer y apreciar el arte (Levallois et al., 2012, Mora 2007), se anticipa que se encontrarán. Los cambios se basarán en el conocimiento de cómo funciona el cerebro humano porque está en el cerebro integrado e interactuando con el resto del cuerpo (Mora et al. 2012b) y con su entorno físico y social que determina todo lo que el hombre hace y expresa, en su comportamiento, sentimientos, pensamientos o creencias (Mora 2007)] Mora, 2015:3

Si no tenemos cuidado al leer a Mora parecería que representa una tendencia, duramente criticada en muchos círculos de conocimiento, al neurocentrismo, en mi transito por la investigación del tema he notado que la mayoría de investigadores interesados en lo neuronal no somos neurocentristas, simplemente estamos interesados en la posibilidad de obtener cierto tipo de información, la que proviene del funcionamiento neural, para vincularla con la proveniente de otros campos de saber y reconocer en compleción al humano, en su relación con él mismo y con el universo.

The very rapid progress in our understanding about how the brain works is giving raise to a new way of thinking, changing knowledge about established concepts of philosophy, ethics, law, sociology, economics, art, and religion: New ways of thinking have already begun, with the “neuro” discourses and practices found in neurophilosophy, neuroethics, neuroeducation, neuroeconomics, neuroaesthetics, and neurotheology. This is neuroculture (Mora 2007; Rolls 2012), a cultura based on the science of the brain wish brings with it, a reassessment of the humanities, a bridge via which those two large bodies of knowledge, science and humanities, will join.¹⁴⁸

La neurocultura está relacionada al desarrollo de la ciencia cognitiva, Shaun Gallagher y Dan Zahavi, en su libro *La Mente Fenomenológica* (2013:21), escribieron que “la mente y su funcionamiento son temas de muchos debates complejos que abarcan una serie de disciplinas: psicología, ciencia del cerebro, inteligencia artificial, filosofía de la

¹⁴⁸ [El muy rápido progreso en nuestra comprensión sobre cómo funciona el cerebro está dando lugar a una nueva forma de pensar, cambiando el conocimiento sobre los conceptos establecidos de filosofía, ética, derecho, sociología, economía, arte y religión: Ya han comenzado nuevas formas de pensar, con los discursos y prácticas “neuro” de la neurofilosofía, la neuroética, la neuroeducación, la neuroeconomía, la neuroestética y la neuroteología. Esto es la neurocultura (Mora 2007; Rolls 2012), una cultura basada en la ciencia del cerebro que trae consigo, una revalorización de las humanidades, un puente a través del cual se unirán esos dos grandes saberes, la ciencia y las humanidades.] Mora, 2015:6-7

mente, disciplinas que pertenecen a lo que en general se denomina ciencias cognitivas”; estas son un grupo de disciplinas que promueven un estudio de la mente, complejo y que ha ampliado su campo de acción gracias a la tecnología con instrumentos como el escáner de imágenes por resonancia magnética (RMI), una técnica que mide la concentración de oxígeno en la sangre que irriga al cerebro y se basa en presuponer que el nivel de oxígeno es mayor en las regiones que están funcionando con mas intensidad; la electroencefalografía, Martínez y Trour en su texto *Conceptos Básicos de Electroencefalografía*, la definieron como:

(...) el registro gráfico de la actividad eléctrica cerebral, obtenido dicho registro en el cuero cabelludo mediante la colocación de electrodos de superficies e impresos en un papel en movimiento, por medio de Electroencefalógrafo cuando se trata de un aparato convencional o en un monitor cuando se trata de un aparato computarizado o digital.¹⁴⁹

O biosensores que detectan y miden el funcionamiento neurobiológico en escalas y precisiones constantemente inéditas, proporcionando información de lo que sucede entre la realidad y el procesamiento de la misma, más allá del conocimiento anatómico y la especulación. Los aparatos y técnicas de observación neural son cada vez mas sofisticados.

Aproximarnos a la comprensión, si es que ésta es posible, de la experiencia estética en el Arte, a partir del funcionamiento del sistema

¹⁴⁹ Martínez y Trour, 2006:

sensorial humano fue la base primaria de esta investigación, que con el paso del tiempo ha evolucionado y profundizado en sí misma. Desde épocas ancestrales es claro el interés por el conocimiento neurocientífico, hay evidencias en restos de cráneos de que la trepanación¹⁵⁰ era común desde la prehistoria, este fenómeno es considerado el indicio del estudio del cerebro.

Para los egipcios el cerebro no era tan importante como el corazón y en muchos casos se desechaba durante el embalsamamiento por considerar que no servía en el más allá; paradójicamente esta civilización nos heredó una serie de papiros médicos como el Papiro Edwin Smith¹⁵¹, una compilación de casos de heridas de guerra, con sus tratamientos y resultados, entre ellos algunos con lesión cerebral.

¹⁵⁰ Existen evidencias de que en el paleolítico se llevaron a cabo trepanaciones craneales. Normalmente estaban asociadas a la cura de epilepsias, y por lo general se vinculaban a concepciones mágicas, que atribuían este tipo de enfermedades a espíritus y fuerzas sobrenaturales. En otros casos, más allá de las creencias supersticiosas latentes, las trepanaciones respondían a razones estrictamente médicas: aliviar el dolor experimentado tras sufrir una lesión en la cabeza. Se han descubierto trepanaciones paleolíticas en Francia, Israel y África. Esta técnica la practicaban culturas del continente americano como la inca. Así lo constató Ephraim George Squier en 1865, quien identificó un cráneo en Cuzco, la antigua capital imperial, que fue examinado por el gran antropólogo francés Pierre-Paul Broca. Broca comprobó que el agujero existente en ese cráneo respondía a una trepanación, logro quirúrgico de tal magnitud que revolucionó las concepciones del momento sobre los avances médicos de los pueblos indígenas de América. (Blanco, 2014:29)

¹⁵¹ La mención mas temprana del órgano encefálico en la historia de la humanidad la encontramos en el siglo xvii a.C. en Egipto, en el papiro quirúrgico Edwin Smith. La cultura egipcia, como las otras grandes civilizaciones próximo-orientales, adoptó una perspectiva cardiocéntrica: en el corazón se asentarian las facultades superiores del ser humano, en el contexto de una antropología que Jan Assmann define como «más paradójica que conjuntiva»: no primaba una visión unitaria del individuo. Las creencias de ultratumba plasmadas en obras como El Libro de los Muertos, de gran difusión durante la época del Reino Nuevo (entre los siglos xvi y xi a.C.), indican, por ejemplo, que en el juicio postmortem ante un tribunal presidido por Osiris, Anubis, los dios con cabeza de chacal, pesaría el corazón del difunto en una balanza frente a la pluma de la verdad (Maat). De esta manera ponderaría si en su vida habían prevalecido las acciones buenas o las malas, para así decidir su destino eterno. El cardiocentrismo predomina también en la antigua cultura india, mientras que en Mesopotamia se opta por una división de funciones, que atribuye al corazón la sede del intelecto, al hígado la de las emociones, al estómago la de la astucia y al útero la de la compasión. La cultura china se inclinó también por distribuir las funciones mentales en los órganos internos del cuerpo. (Blanco, 2014:29)

En él se usaron por primera vez palabras como: cerebro, meninges, suturas craneanas y líquido cefalorraquídeo y se hizo la primera austera descripción de la corteza cerebral.

Hacia la época griega tomó relevancia, como dilema, en qué órgano se alberga el origen de las funciones sensoriales, motoras y mentales, fue materia de discusión por siglos para médicos y filósofos¹⁵². Alcmeón de Crotona (S. VI a.C.) propuso que el cerebro es la base del origen y procesamiento de las sensaciones.

El primer ejemplo de encefalocentrismo nítido, esto es, de la tesis de que el cerebro controla la sensación, el movimiento y la cognición, lo encontramos en Alcmaeón de Crotona (c. 450 a.C.). A su juicio, el cerebro se encargaría de «sintetizar» las sensaciones, porque todos los sentidos se hallan conectados con él. Alcmaeón señaló también que el «sentir» (*aisthanesthai*) y el «entender» (*xyniéinai*) son dos operaciones distintas: mientras que la primera la encontramos en todos los animales, la segunda es exclusiva del hombre y radica en el cerebro.¹⁵³

Hipócrates de Cos (460 a.C.-370 a.C.) se le adjudica la escritura de partes del *Corpus Hipocráticum* "un conjunto que comprende unos sesenta trabajos médicos redactados en lengua griega entre el 420 y el 350 a.C., y compilados en Alejandría hacia el 280 a.C.¹⁴"¹⁵⁴ y cuya importancia "para la historia de la medicina reside en que sus autores «asumen que los procesos corporales, la salud y la enfermedad pueden

¹⁵² Con el advenimiento de la medicina clásica llega también la consolidación de la idea de que el cerebro, en lugar del corazón o del diafragma, constituye el órgano de las facultades superiores de la persona. La antigua visión del diafragma como sede de las emociones y del pensamiento ha quedado reflejada en la etimología del término que empleamos para designar este órgano, procedente del griego «*hai phrenes*», del verbo *phroneo*, que significa «pensar, meditar». En la literatura homérica, los «*phrenes*» se ubican en la zona del pecho, más tarde circunscrita específicamente al diafragma. (...)

¹⁵³ Blanco, 2014:31

¹⁵⁴ Blanco, 2014:32

explicarse de la misma manera que otros fenómenos naturales, y son independientes de interferencias arbitrarias y sobrenaturales»¹⁵⁵. En el tratado "Sobre la Enfermedad Sagrada"¹⁵⁶ (Perì hierês nôsou), que data de entre el 430 y el 420 a.C., el propio Hipócrates o alguno de sus discípulos considera el cerebro como la fuente del placer y del dolor, del pensamiento y de la percepción, de la locura y del temor, en una perspectiva netamente encefalocéntrica.¹⁵⁷.

En este texto el cerebro se asume como el órgano que interpreta aquello que el cuerpo recibe a través del aire¹⁵⁸ que circula por las venas, el cerebro interpreta aquello para luego hacer que "Los ojos, los oídos, las manos y los pies ejecutan aquello que el cerebro apercibe. Por su parte, «el aire que se respira llega primero al cerebro y luego se reparte el aire en el resto del cuerpo, habiéndole dejado en el cerebro lo mejor de sí, y lo que le hace ser sensato y tener inteligencia»¹⁵⁹.

¹⁵⁵ Nutton en Blanco, 2014:32

¹⁵⁶VII. - Los hombres deben saber que los placeres, las alegrías, la risa y las diversiones así como también las penas, las aflicciones y las inquietudes no se localizan en ningún otro órgano sino en el cerebro. Gracias especialmente a él, pensamos, vemos, oímos y distinguimos lo feo de lo hermoso, lo malo de lo bueno, lo agradable de lo desagradable, discerniendo unas cualidades por la costumbre, percibiendo las otras por su utilidad. También por obra suya deliramos, enloquecemos, sufrimos la presencia de pesadillas, terrores, unas veces de noche, otras incluso durante el día, insomnios, extravíos injustificados, preocupaciones infundadas, desconocemos cosas habituales y realizamos actos insólitos. Todos estos fenómenos son producidos por el cerebro, cuando no esta sano sino que se calienta o enfria mas de lo natural, o se humedece o seca o experimenta cualquier otro fenómeno antinatural o inhabitual. La locura tiene por causa la humedad; pues cuando el cerebro tiene un exceso de humedad, necesita moverse y, al moverse, ni la vista ni el oído permanecen quietos, sino que ven y oyen ora una cosa ora otra, y la lengua expresa las cosas que viera y oyera en cada ocasión. Por el contrario, durante el tiempo. (Hipócrates)

¹⁵⁷ Blanco, 2014:32

¹⁵⁸ La idea del aire como vehículo del pensamiento podría haberse tomado de Diógenes de Apolonia, un autor coetáneo a Hipócrates cuyas doctrinas nos han llegado principalmente gracias al testimonio de escritores posteriores como Aristóteles, Diógenes Laercio y Simplicio. Diógenes habría concebido el aire como el arjé o primer principio de la naturaleza, del que derivarían todas las demás sustancias, en una perspectiva muy similar a la del jonio Anaximenes de Mileto (c. 585-524 a.C.)24. (Blanco, 2014:34)

¹⁵⁹ Blanco, 2014:34

Aristóteles de Estágira (384 a. C.-322 a.C.), discípulo de Platón¹⁶⁰ (c.427-347 a.C.) pero quien tomó su propio camino de pensamiento en varias cuestiones, por su parte postulaba que las sensaciones se emitían por el corazón y la función del cerebro era enfriarlas. Tomás Calvo Martínez en sus *Anotaciones Introductorias a Acerca del Alma*¹⁶¹, nos dice que en el texto "el viviente aparece caracterizado como una sustancia o entidad compuesta de materia y forma. El alma se define como forma del viviente, forma en virtud de la cual éste es capaz de realizar el conjunto de funciones vitales específicas. Estas funciones se extienden desde la nutrición hasta el conocimiento intelectual".¹⁶²

Aristóteles no separa lo biológico de lo psicológico, el crecimiento, la nutrición y la reproducción son funciones vitales del alma igual que el razonamiento, colocando al corazón en el centro del intelecto pues este

¹⁶⁰ El gran filósofo griego Platón conocía el trabajo de Hipócrates. En línea con el encefalocentrismo hipocrático, Platón, quien en La República divide el alma en tres partes, localiza la racional en el cerebro, mientras que la energética o emocional la ubica en el corazón y la apetitiva en el hígado. A su juicio, los cambios a nivel corporal afectan al alma tripartita. Así, la flema y la bilis pueden producir mal temperamento, cobardía o estupidez²⁵. Desde una perspectiva netamente dualista, Platón considera el cuerpo como la prisión («sema») de un alma que aspira al mundo inteligible, al orbe de las ideas, aunque se halle aherojada en una oscura cárcel material. El alma, tal y como se «demuestra» en el diálogo Fedón, es inmortal: a diferencia del cuerpo, no se compone de partes, por lo que no puede perecer. (Blanco, 2014:34-35)

¹⁶¹ Aristóteles, 1978

¹⁶² Frente al dualismo platónico entre alma y cuerpo, Aristóteles concibe la psyché (yuch, traducida generalmente por «alma») como el principio vital del individuo, no como una entidad separada del elemento material. Las plantas, de hecho, poseen una «psyché vegetativa», que las capacita para ejercer las funciones de crecimiento, nutrición y reproducción. Los animales, además del alma vegetativa, se hallan dotados de una «psyché sensitiva» que, en adición a las funciones propias de los vegetales, les permite percibir, desear y moverse autónomamente. Al hombre, finalmente, Aristóteles le atribuye una «psyché racional», que informa todo su ser y lo facilita para la volición y el intelecto, así como para las funciones que ostentan también las plantas y los animales. En el planteamiento aristotélico, la unidad entre el cuerpo y la psyché es una necesidad: no es posible concebir ambas como entidades separadas, porque la psyché no es una sustancia que se superponga al cuerpo, sino la determinación concreta que este último exhibe. El alma, de hecho, no es inmortal (frente a la concepción platónica, asumida siglos más tarde por el cristianismo), sino que perece cuando lo hace el cuerpo. (Blanco, 2014:35)

rige las sensaciones y los movimientos, recibe la información del exterior y procesa las respuestas a todo lo que está más allá del cuerpo; es en el corazón donde se genera la racionalidad gracias a que el cerebro enfriá su sangre caliente. Aristóteles estaba equivocado en su idea cardiocentrista, sin embargo sus reflexiones sobre el alma fueron fundamentales para el análisis de las sensaciones y los sistemas sensoriales (no nombrados así entonces), "su caracterización del alma gozaría de enorme influencia en el pensamiento occidental, tanto en la filosofía, como en la teología, como en la propia ciencia médica"¹⁶³.

Blanco (2014) dice que "el triunfo del encefalocentrismo sobre el cardiocentrismo en la localización de la sede de las funciones sensoriales, motoras y cognitivas le debe mucho a Galeno de Pérgamo" (129 d. C.-201/216 d. C.), médico griego que ejerció en Roma, realizaba disecciones en animales y se convirtió en el médico personal del emperador Marco Aurelio.

Las dos grandes referencias de Galeno son Platón y Aristóteles. De Platón toma la división tripartita del alma (al apelar a razones <<anatómicas>>), y de Aristóteles, la doctrina teológica. Diseccionó principalmente animales (simios, ganado..., también el corazón de un elefante), aunque es posible que se aventurara también con humanos. Sus abundantes vivisecciones de animales lo habrían inducido a aplicar, en no pocas ocasiones, características de la anatomía animal al caso del ser humano.¹⁶⁴

Pero, aunque Aristóteles y Platón fueron sus más grandes referencias,

¹⁶³ Blanco, 2014:36

¹⁶⁴ Blanco, 2014:38

en cuanto al dilema cardiocentrista/cerebrocentrista, Galeno¹⁶⁵ siguió las ideas de Hipócrates a pesar de que "la escuela filosófica predominante era la estoica, que había adoptado el cardiocentrismo de Aristóteles"¹⁶⁶.

Entre otras cosas Galeno dio los primeros indicios de los pares craneales, 12 pares de nervios que parten del encéfalo, pasan por la médula espinal conectando con la periferias del cuerpo y están relacionados, entre otras cosas, con funciones de los sistemas sensoriales. También relacionó los ventrículos cerebrales con las cavidades del corazón y aseveró que las sensaciones y el movimiento dependían de lo que llamaba los humores¹⁶⁷ de los ventrículos cerebrales a través de los nervios. Galeno generó que se pensara con certeza que los nervios eran conductos transportadores de fluidos producidos en el cerebro que luego pasaban por la médula espinal hacia el resto del cuerpo.

(...) diferenció entre nervios sensoriales y nervios motores. Los motores, dotados de mayor dureza, se originan en la médula espinal, mientras que los sensoriales, mas blandos, lo hacen en el cerebro.

¹⁶⁵ Galeno realizó un célebre experimento público en presencia de aristotélicos y estoicos, destinado a <<desterrar>> el cardiocentrismo de manera definitiva. Para ello, seccionó los nervios recurrentes de la laringe de un cerdo, con el objetivo de mostrar que esta acción eliminaba la vocalización del animal. Quedaba patente que el corazón no podía ser la sede de tal tipo de funciones. El éxito de la demostración de Galeno fue tal que todavía Vesalio, en el último capítulo de *De Humani Corporis Fabrica*, en 1543, lo cita expresamente. Sin embargo, el debate no se cerró por completo, como prueba el hecho de que dos fervientes admiradores de Aristóteles, el persa Avicena y el andalusí Averroes, no renunciaron del todo el enfoque cardiocéntrico. (Blanco, 2014:37)

¹⁶⁶ Blanco, 2014:37

¹⁶⁷ Los cuatro humores de Hipócrates fue un punto de vista validado y común entre filósofos, físicos, médicos... respecto al funcionamiento del cuerpo humano. Sostenía que el cuerpo se compone de cuatro sustancias básicas que deben estar equilibradas para evitar enfermedades del alma y del cuerpo. Los humores fueron referidos como flema, sangre, bilis negra y bilis amarilla, relacionándolos con los cuatro elementos y adjudicándole a cada uno ciertas cualidades (caliente, seco, frío, húmedo).

Distinguió así la *psyché* sensorial de la motora, no como sustancias diversas, sino como principios de actividad. El cerebro se revelaba como el órgano de la sensación, de la percepción, de la imaginación y del pensamiento. En cualquier caso, Galeno ubicó las funciones cerebrales no en el córtex, sino en los ventrículos, doctrina esta de inmensas repercusiones en el desarrollo de la medicina occidental durante casi mil quinientos años.¹⁶⁸

Las ideas de Hipócrates, Aristóteles y Galeno no cambiaron mucho durante la Edad Media, hubo personajes importantes en distintos lugares del mundo europeo, medio oriental y oriental que hicieron traducciones, en algunos casos con aportaciones propias, a los textos médicos de la época clásica, siendo los de Galeno los más importantes, "A finales del siglo XIII, el *Corpus Galenicum* ocupa una posición central en las escuelas de medicina de Europa occidental"¹⁶⁹.

(...) el califa abásida Al Mamún (786-833) estableció en Bagdad una importante biblioteca y escuela de traducción (llamada *Bayt Al-Hikma*, <<casa de la sabiduría>>), en la que doctores como Hunain ibn Ishaq (gran médico iraquí, de origen nestoriano, llamado <<Johannitius>> en el occidente latino -809-875-) realizaron versiones árabes de obras de médicos clásicos, entre ellos Galeno y Dioscórides.¹⁷⁰

Uno de los pensadores más importantes de este oriente islámico y de la Edad Media fue Abu Ali Ibn Sina (980-1037), Avicena¹⁷¹ en su nombre

¹⁶⁸ Blanco, 2014:38

¹⁶⁹ Blanco, 2014:45

¹⁷⁰ Blanco, 2014:39

¹⁷¹ Una de las figuras más extraordinarias legadas por el orbe islámico es la de Avicena (980-1037), pensador y científico persa. En su famoso *Canon de Medicina*, compendio de la medicina galénica que, sazonado con no pocas aportaciones novedosas, sirvió como libro de texto en numerosas universidades europeas durante la Edad Media, se explica la <<teoría ventricular>>: la división de cerebro en una serie de ventrículos y la asociación de cada función mental principal (percepción, razón, memoria...). Avicena llevó esta hipótesis a un estudio ulterior al ubicar el *sensus communis*, que unificaría las sensaciones proporcionadas por los cinco sentidos, en el ventrículo frontal. El cardiocentrismo de Aristóteles queda matizado en la filosofía Avicena, porque, para este autor, los sentidos internos (sentido común, imaginación retentiva, imaginación compositiva, potencia estimativa y memoria) se sitúan en los ventrículos cerebrales. (Blanco, 2014:40)

occidentalizado. Filosofo, pensador, llamado el principio de los médicos, erudito de aquellos con una mente universal, enciclopédica, un hombre que fue pilar de la cultura y puente entre oriente y occidente. Desde niño aprendió latín y griego, recitaba el Corán de memoria y en la adolescencia dominaba los conocimientos de las mas importantes ciencias de la época siendo considerado experto en Medicina. Revolucionó la Medicina de sus antecesores, los estudió pero no se conformó con citarlos, hizo anotaciones, construyó un diálogo entre estos textos y su propio pensamiento.

Otro texto fundamental legado del mundo islámico es el *Kitab al-Kulliyat fil-l-Tibb*, conocido en el mundo occidental como *Colliget*, enciclopedia de 7 libros. Se trata de un manual de Medicina que sigue los cánones de Avicena y Galeno. Su creador, el musulmán-andaluz Abu-l Walid Muhammad ibn Rusd más conocido como Averroes (1126-1198), no parece mostrar mucho de su pensamiento personal en el texto, tal vez porque no hizo autopsias como otros estudiosos del tema, sin embargo el *Colliget*¹⁷² se convirtió en un texto que colocó a Averroes como la máxima autoridad médica de su época.

¹⁷² En el Colliget, Averroes muestra su estrecha dependencia de la medicina griega, al mantener la teoría de los cuatro humores de Hipócrates. En el capítulo séptimo del libro primero describe el sistema nervioso periférico, y en el capítulo decimosexto se adentra en lo que hoy caracterizamos como sistema nervioso central. Asume la hipótesis de los ventrículos cerebrales intercomunicados: dos en la parte anterior, uno en el centro y uno en la parte posterior. Para Averroes, las funciones del sistema nervioso estarían vinculadas a la facultad animal del ser humano, principio de las actividades sensitivas e intelectivas. La facultad nutritiva se encargaría de las funciones vegetativas, como la respiración, la digestión, el crecimiento y la nutrición. En sintonía con Aristóteles, Averroes inserta al ser humano en el seno de la naturaleza, en lugar de separar la psyche del cosmos material, según se infiere de la perspectiva platónica. El raciocinio se revela como la forma más elevada de la facultad animal. (Blanco, 2014:41)

Finalmente, en torno al pensamiento médico medieval, específicamente del cuerpo humano, hay que hablar del *Articella*, una colección de textos médicos destinados a la enseñanza que, con una clara tendencia al pensamiento clásico griego similar a lo de Averroes, marcó el pensamiento de aquella época.¹⁷³

By the name of *Articella* we mean a medical collection of short treatises "conveying the rudiments of Hippocratic and Galenic medicine to serve as a basic curriculum" that was brought together by twelfth and early thirteenth-century Salernitan authors who also "established the practice of teaching by commentary on these texts".¹⁷⁴

Estos textos dejan cuenta del modo en que avanzó la Edad Media, con su relativo estancamiento en la construcción de conocimiento científico, principalmente en la Europa occidental profunda, aunque no es una época reconocida como de grandes avances científicos no debemos omitir que sí hubo varios y que, aunque en muchos casos arropados por la idea de pensamiento mágico, como el caso de la Alquimia, muchos de ellos sentaron bases para las épocas posteriores. Es notable, pensadores como Avicena y Averroes lo dejan claro, que la segunda mitad de la Edad Media fue fructífera en la recuperación el

¹⁷³ The core of this collection was gradually fixed around the Hippocratic *Aphorismi* and *Prognostica*, Galen's *Tegni* (*Ars medica*, *Ars parva*, *Microtegni*), the *Isagoge* of Johannitus, two semiological writings (*De urinis* of Theophilus, and *De pulsibus* attributed to Philaretus), and the Hippocratic *De regimine acutorum morborum*. This core was later supplemented with a variety of works from various origins, among them other Hippocratic and Galenic writings, pieces of Avicenna's *Canon* and collections of aphorisms by Mesue, Amau de Vilanova and others. [El núcleo de la colección fue organizada gradualmente en torno a los *Aphorismi* y *Prognostica hipocráticos*, los *Tegni* de Galeno (*Ars medica*, *Ars parva*, *Microtegni*), el *Isagoge* de Johannitus, dos escritos semiológicos (*De urinis* de Teófilo y *De pulsibus* atribuidos a Philaretus) y el Hipocrático *De regimine acutorum morborum*. Este núcleo se complementó posteriormente con una variedad de obras de diverso origen, entre ellas otros escritos hipocráticos y galénicos, fragmentos del *Canon* de Avicena y colecciones de aforismos de Mesue, Amau de Vilanova y otros.] Arrizabalaga, 1998:5

¹⁷⁴ [Con el nombre de *Articella* nos referimos a una colección médica de tratados breves "que transmiten los rudimentos de la medicina hipocrática y galénica para que sirvan como un plan de estudios básico" que fue reunida por autores salernitanos del siglo doce y principios del trece, que también "establecieron la práctica de la enseñanza mediante comentar estos textos"] Arrizabalaga, 1998:5

pensamiento clásico que fundamentó el Renacimiento. Usualmente ubicamos la transición de la Edad Media al Renacimiento en los albores de los siglos XV y XVI, sin embargo los cambios históricos de esta magnitud no suceden en períodos de tiempo cortos, en general, en términos de tiempo, no alcanza una vida humana para poder reconocerlos y comprenderlos. Los investigadores comprometidos con el estudio de la historia, ubican los indicios de Renacimiento¹⁷⁵ en el s.XII, Gombrich (1999) habla del surgimiento del término en la época del pintor, arquitecto y escultor Giotto (c.1267-1337)

Estas transiciones entre épocas son un fenómeno que se han dado escasas veces en la historia de la humanidad pues implican un profundo cambio de paradigmas que impactan de forma contundente en el modo en que el ser humano percibe y vive el mundo y el universo. De entre todo lo acontecido en esta transición, hay una práctica muy interesante para el conocimiento médico, el de las disecciones, para el pensamiento medieval europeo, ligado al pensamiento religioso, era prohibido realizarlas en cuerpos humanos, vivos o muertos, hemos hablado de ellas en animales en épocas previas

¹⁷⁵ El término renacimiento significa volver a nacer o instaurar de nuevo, y la idea de semejante renacimiento comenzó a ganar terreno en Italia desde la época de Giotto. Cuando la gente de entonces deseaba elogiar a un poeta o a un artista decía que su obra era tan buena como la de los antiguos.*Giotto fue exaltado, en este sentido, como un maestro que condujo el arte a su verdadero renacer; con lo que se quiso significar que su arte fue tan bueno como el de los famosos maestros cuyos elogios hallaron los renacentistas en los escritores clásicos de Grecia y Roma. No es de extrañar que esta idea se hiciera popular en Italia. Los italianos se daban perfecta cuenta del hecho de que, en un remoto pasado, Italia, con Roma su capital, había sido el centro del mundo civilizado, y que su poder y su gloria decayeron desde el momento en que las tribus germánicas de godos y vándalos invadieron su territorio y abatieron el Imperio romano. La idea de un renacer se hallaba íntimamente ligada en el espíritu de los italianos a la de una recuperación de «la grandeza de Roma». El período entre la edad clásica, a la que volvían los ojos con orgullo, y la nueva era de renacimiento que esperaban fue, simplemente, un lastimoso intervalo, la edad intermedia. De este modo, la esperanza en un renacimiento motivó la idea de que el período de intervalo era una edad media, un medievo, y nosotros seguimos aún empleando esta terminología. (Gombrich, 1999:223)

al Medievo¹⁷⁶, sin embargo hay documentos que no descartan que en lo clandestino hayan sucedido en humanos.¹⁷⁷

Esta época de transición inminente me hace recordar a *Fausto*, ese docto insatisfecho que bien puede ser la representación del humano renacentista pero que tampoco puede negar su yo medieval, al que jamás le alcanza el conocimiento adquirido. Cuando repaso a los neurocientíficos del pasado y del presente, imagino que muchos de ellos bien podrían ser Fausto, tratando de comprender con obsesión el funcionamiento del *sistema nervioso central*, con la intención no sólo de responder cuestiones médicas, sino de ir a lo que los humanos no podemos percibir de manera evidente, a tratar de responder cuestiones filosóficas, adquiriendo mucho conocimiento que en algunas de sus

¹⁷⁶ La importancia que Galeno había atribuido a la experimentación en la ciencia médica no se recuperaría plenamente hasta las postimerías del Renacimiento y la génesis de la anatomía moderna en el siglo XVI. Aunque despuntó lo que algunos autores llaman «un renacimiento europeo» en el siglo XII, motivado por el incremento significativo de la población, el crecimiento económico, el desarrollo urbano, la creación de universidades y la recepción de la ciencia islámica, el vigor teórico y experimental alcanzado en la Grecia clásica no rebrotaría hasta el crepúsculo de la Edad Media. De hecho, la primera disección humana de la que existe constancia en la Edad Media tuvo lugar en Bolonia en 1315, y fue protagonizada por Mondito de Liozzi sobre el cuerpo de un ejecutado tras una condena a muerte. Disecciones humanas se repetirían en Lérida en 1391 y en Viena en 1414, pero se trata de casos aislados. (Blanco, 2014:42)

¹⁷⁷ Este no ha sido un tema moral menor para mí, en los últimos años he realizado disecciones de cerebros de vaca y cerdo (el más parecido al humano), con fines estéticos, creativos y didácticos, y es común que me pregunten si alguna vez lo he hecho con cerebros humanos, la respuesta es -no-, pero he reflexionado en si lo haría, no sólo la disección sino, siendo una persona que no tiene acceso a espacios médicos donde lo realizan de modo legal, si haría lo necesario para conseguir el órgano, lo que puede tener implicaciones vinculadas con infringir la ley. Además he reflexionado sobre el utilizar un órgano que no sé de dónde viene y a quién perteneció, en un país en que todos los días hay decenas de muertos perdidos, tirados en bolsas en algún lugar clandestino, sin que nadie sepa donde están y quienes son, en un país donde mucha gente muere en situaciones de violencia extrema ejecutada por otros humanos. He decidido no hacerlo.

aristas lleva a más dudas y preguntas que a certezas.¹⁷⁸

En la película *Fausto* (2012) de Alexander Sokurov, basada en el poema dramático *Fausto (1808/1832)* de Johann Wolfgang von Goethe, el Doctor Fausto se encuentra diseccionando un cadáver en su estudio lúgubre y sucio... Sokurov nos muestra una escena grotesca y profunda que bien podría ilustrar las condiciones en las que muchas de aquellas disecciones se realizaban; Fausto ayudado por su aprendiz Wagner, quien le provee alimentos mientras realizan la disección del un cadáver, saca las viseras del cuerpo mientras diserta sobre en qué parte se encuentra el alma. Una escena que me remite a aquellos hombres obsesionados con el conocimiento del funcionamiento corporal en su complejidad, piezas clave de los avances actuales.

El Renacimiento es pues una época en que, como dice Gombrich (1999) se buscaba el renacer del espíritu clásico, el de la belleza y la sabiduría, del humano perfecto basado en el equilibrio y elevación del ser, se buscaba emular aquella perfección que se consideraba había llevado a la gloria a Grecia y Roma clásicas. Una época relativamente

¹⁷⁸ FAUSTO. Ay, he estudiado ya Filosofía, Jurisprudencia, Medicina y también, por desgracia, Teología, todo ello en profundidad extrema y con enconado esfuerzo. Y aquí me veo, pobre loco, sin saber más que al principio. Tengo los títulos de Licenciado y de Doctor y hará diez años que arrastro mis discípulos de arriba abajo, en dirección recta o curva, y veo que no sabemos nada. Esto consume mi corazón. Claro está que soy más sabio que todos esos necios doctores, licenciados, escribanos y frailes; no me atormentan ni los escrúpulos ni las dudas, ni temo al infierno ni al demonio. Pero me he visto privado de toda alegría; no creo saber nada con sentido ni me jacto de poder enseñar algo que mejore la vida de los hombres y cambie su rumbo. Tampoco tengo bienes ni dinero, ni honor, ni distinciones ante el mundo. Ni siquiera un perro querría seguir viviendo en estas circunstancias. Por eso me he entregado a la magia: para ver si por la fuerza y la palabra del espíritu me son revelados ciertos misterios; para no tener que decir con agrio sudor lo que no sé; para conseguir reconocerlo que el mundo contiene en su interior; para contemplar toda fuerza creativa y todo germen y no volver a crear confusión con las palabras (...). (Goethe:1808)

lejana, pero hay cosas que no pasan porque no son modas son esencia, y el interés por el conocimiento científico aplicado es más vigente que nunca, la tecnología ha proveído al hombre moderno de avances importantes y sin duda hay paradigmas que han cambiado pero no podemos negar que hay cosas en las que seguimos siendo aquellos humanos renacentistas herederos del Medievo.

Y en este ánimo post medieval, el "paradigma por antonomasia del hombre renacentista y de su ansia descomedida de sabiduría universal y de belleza sublime es Leonardo da Vinci (1452-1519)"¹⁷⁹. Él volvió a la práctica, relativamente escasa después de Galeno, de no sólo replicar el conocimiento sino experimentar en cosas nuevas. Nos dejó un legado de bocetos y aunque en su caso no tenemos trabajo expreso sobre el *sistema nervioso central*, entre 1510 y 1511 ilustró con rigurosidad los principales grupos musculares y cada hueso.¹⁸⁰

¹⁷⁹ Blanco, 2014:46

¹⁸⁰ Leonardo estudió empíricamente los ventrículos cerebrales. Para ello, vertió cera derretida en el cerebro de un buey y esperó a que solidificase. Así obtuvo un molde bastante logrado que le permitió realizar unos dibujos de extraordinaria precisión. A diferencia de Nemesio, Leonardo ubicó la percepción y la sensación en el ventrículo medio, no en los laterales, porque la mayoría de los nervios sensoriales convergen en el cerebro medio, y no halló una cavidad que correspondiese a un hipotético ventrículo frontal. Por desgracia, la comunidad científica sólo accedió a los trabajos de Leonardo mucho después de que el gran genio italiano los llevara a cabo, por lo que su influencia en el desarrollo de la ciencia en Europa fue mas bien escasa. Pero el énfasis renacentista en la observación directa de la naturaleza representa un eslabón esencial, y quizás el más importante, en la larga senda que conduciría al surgimiento de la ciencia moderna en los siglos XVI y XVII. (Blanco, 2014:46)

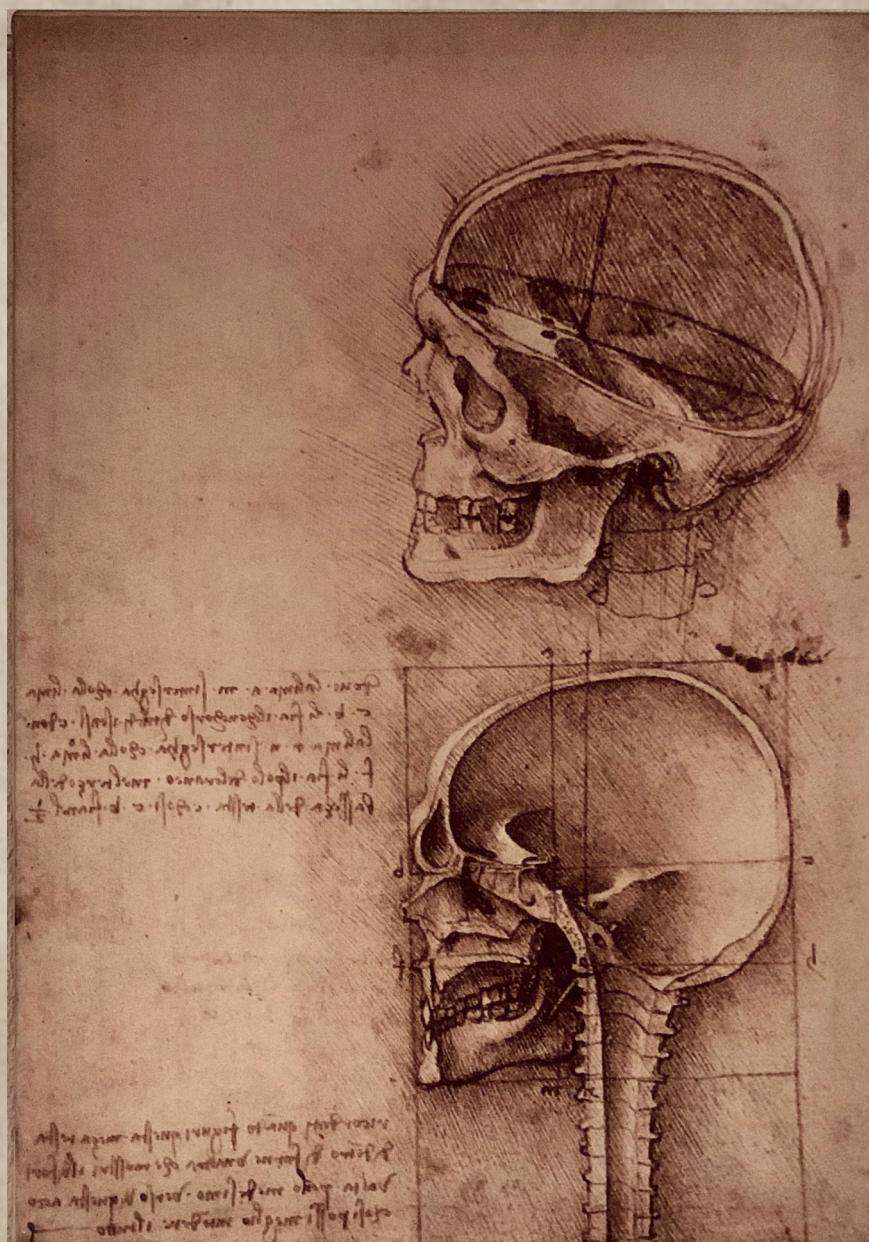


Fig. 10

Cráneo seccionado (Dibujo en punta de plata)

Leonardo Da Vinci, 1489

Fotografía tomada en el Leonardo Interactive Museum (Florencia, Italia)

En todo este cambio de paradigma de conocimiento, en el siglo XVI se habla del "nacimiento de la medicina moderna"¹⁸¹, le debemos buena parte de esto a Andreas Vesalius (1514–1564), quien a partir de disecciones humanas renovó los conocimientos anatómicos. En 1543 publicó *De Humani Corporis Fabrica*, un documento de siete libros, basados en sus conferencias en la Universidad de Padua donde realizaba disecciones de cadáveres. El documento parece haber sido rigurosamente ilustrado por el propio Vesalius y se presume que pudo haber participado Jan Stefan van Calcar (1499-1546), discípulo del pintor Tiziano (1488/1490-1576). Vesalius dedicó al cerebro el séptimo libro con 17 xilografías de cortes cerebrales acompañados de descripciones funcionales.

Los textos y sus más de 300 xilografías corrigieron muchos errores de la concepción del cuerpo humano sostenida hasta ese momento.

Aunque algunas de las ideas de Galeno prevalecieron, Vesalius logró "romper la línea epistemológica galénica". (...) Sin saberlo, desde el punto de vista epistemológico, Andreas Vesalius, de Bruselas, destruyó el cuerpo humano en todos sus componentes para después realizar dos procesos fundamentales. Uno, la reconstrucción, fragmento por fragmento, capa por capa, develando y volviendo a armar para dejar oculto lo que estaba oculto en un principio, pero ahora con la diferencia de saber qué hay dentro, su disposición, sus relaciones y que al final resulta concordar con la verdad anatómica de hombre, construyó el *De Humani Corporis Fabrica*. El segundo proceso fue todo el andamiaje con el que rompió la línea galénica, transgredió a la hegemonía y nos regaló de forma impecable la manera de hacer ciencia, buena ciencia".¹⁸²

¹⁸¹ Blanco, 2014

¹⁸² Pellicer, 2014:48

ANDREAE VESALII^{et}
BRUXELLENSIS, DE HUMANI CORPO-
RIS FABRICA LIBER SEPTIMVS, CEREBRO AN-
IMALI facultatis sedi & sensuum organis dedicatus, & mox in initio octaves
propemodum ipsius figurar, eni & duo prossimè preceden-
tes libri, commonstrant.

PRIMA SEPTIMI LIBRI FIGVRA.

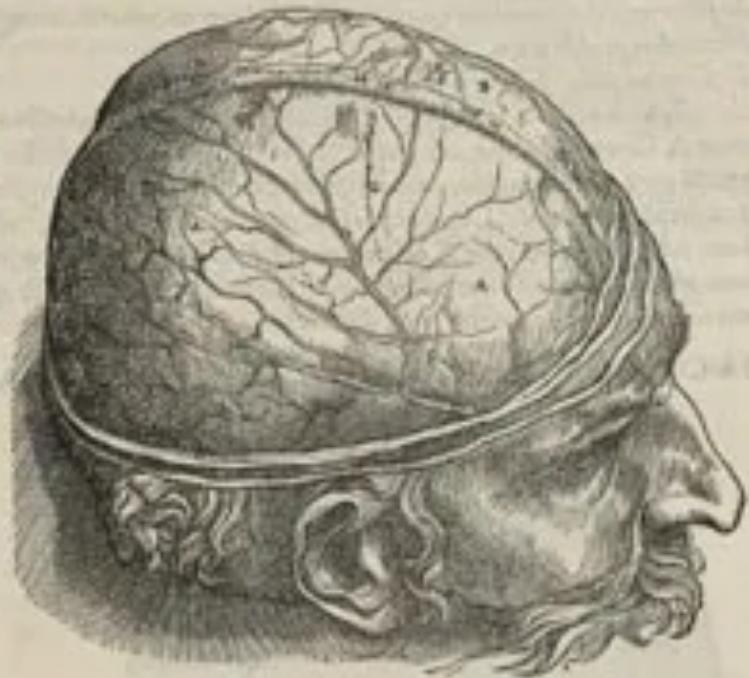


Fig. 11

*Inicio del Libro Séptimo, De Humani Corporis Fabrica
Andreas Vesalius, 1543*

El libro es propiamente médico y es considerado uno de los más influyentes de las ciencias de todos los tiempos, sin embargo el ejercicio de ilustración con la rigurosidad científica de la época pero con un alto nivel de virtuosismo y expresividad, hace de este documento una pieza que tiene un importante valor estético y artístico¹⁸³. *De Humani Corporis Fabrica* es un incunable, en la actualidad existe al rededor de una decena de originales de la primera edición, uno de ellos pertenece al acervo de la Biblioteca Palafoxiana en Puebla-Méjico; su consulta no está permitida y en 1999 La Academia Mexicana de Cirugía realizó una edición de 1000 facsímiles, algunos han sido donados a importantes instituciones del mundo. Además de la rigurosidad anatómica correspondiente a las posibilidades de la época, las ilustraciones del *Fabrica* tienen un gran carácter expresivo. La siguiente ilustración me remite a *Hamlet* de Shakespeare, lo imagino así con su cadáver develado, diciendo “Ser o no ser. Esa es la cuestión (...)”¹⁸⁴. Hamlet es de época posterior al *Fabrica* y no hay indicios de conexión entre estos documentos.

¹⁸³ Es este libro el que inspira que en la presente tesis, en el capítulo tres *Bases Fisiológicas*, esté presente una serie de ilustraciones del dibujante y pintor Didier Cortés.

¹⁸⁴ Ser o no ser. Esa es la cuestión. ¿Qué es más noble? ¿Permanecer impasible ante los avatares de una fortuna adversa o afrontar los peligros de un turbulento mar y, desafiándolos, terminar con todo de una vez? Morir es... dormir... Nada más. Y durmiendo se acaban la ansiedad y la angustia y los miles de padecimientos de que son herederos nuestros míseros cuerpos. Es una deseable consumación: Morir... dormir... dormir... tal vez soñar. Ah, ahí está la dificultad. Es el miedo a los sueños que podamos tener al abandonar este breve hospedaje lo que nos hace titubear, pues a través de ellos podrían prolongarse indefinidamente las desdichas de esta vida. Si pudiésemos estar absolutamente seguros de que un certero golpe de daga terminaría con todo, ¿quién soportaría los azotes y desdenes del mundo, la injusticia de los opresores, los desprecios del arrogante, el dolor del amor no correspondido, la desidia de la justicia, la insolencia de los ministros, y los palos inmerecidamente recibidos? ¿Quién arrastraría, gimiendo y sudando, las cargas de esta vida, si no fuese por el temor de que haya algo después de la muerte, ese país inexplorado del que nadie ha logrado regresar? Es lo que inmoviliza la voluntad y nos hace concluir que mejor es el mal que padecemos que el mal que está por venir. La duda nos convierte en cobardes y nos desvía de nuestro racional curso de acción. Pero... interrumpamos nuestras filosofías, pues veo allí a la bella Ofelia. Ninfá de las aguas, perdona mis pecados y ruega por mí en tus plegarias. (Shakespeare, 2007:28)



Fig. 12 Lo real y la realidad

Ilustración en *De Humani Corporis Fabrica*
Andreas Vesalius, 1543

En épocas cercanas a Vesalius, en 1590 la tecnología había generado un avance enorme cuando se inventó y desarrolló el microscopio, muchos lo adjudican a Zacharias Janssen (1585-1632) y su padre Hans Martens, pero existen otros personajes que se nombran como posibles inventores, Hans Lippershey (1570-1619) y Galileo Galilei (1564-1642) entre ellos. Blanco (2014) nos dice que no fue sino hasta 1670 que el holandés Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) utilizó el microscopio óptico para la observación científica "(hazaña que inaugura la microbiología)". Con avances como este sumados al trabajo de Vesalius y quienes continuaron el desarrollo de la Medicina por este camino, continuaremos con el recorrido por momentos relevantes que nos llevan al punto actual del conocimiento neuronal, pero ahora con una fuerte potencia de la tecnología. Podemos notar que no es que los pensadores que nos anteceden no hayan tenido las mismas preguntas o intereses que nosotros, es que el avance de la tecnología en el tiempo hoy permite tener evidencias de lo que muchos apenas pudieron intuir.

Volviendo al microscopio, su uso fue fundamental para los descubrimientos de las funciones cerebrales en el córtex. Marcello Malpighi (1628-1694) examinó el córtex con este aparato, aunque no llegó a conclusiones certeras fue pionero en el uso de este aparato para la observación neuronal. Blanco (2104) hace una interesante mención de investigadores cuyos trabajos no tuvieron resonancia en su época pero que hoy sabemos descubrieron cosas importantes y certeras sobre

el funcionamiento neuronal, entre ellos: Thomas Willis quien a mediados del s.XVIII, interpretó el córtex como la sede de las funciones cognitivas del organismo; el cirujano francés Francois Porfour du Petit (1664-1741) quien "advirtió el rol crítico desempeñado por el córtex cerebral en la función motora"; el sueco Emmanuel Swedenborg¹⁸⁵ (1688-1771) quien estudió el *sistema nervioso*.

Buen conocedor de la obra de Willis, se mostró acorde con el estudioso inglés en la atribución al córtex de facultades superiores, pero Swedenborg llevó esta idea aún más lejos, al postular una especialización funcional de las distintas regiones corticales. Esta división evitaría la «confusión» de tareas que se produciría si las capacidades mentales se hallasen diseminadas por la totalidad del córtex.¹⁸⁶

Swedenborg era científico, matemático, teólogo y místico, lo que resulta fascinante pues aunque muchas de sus ideas se encuentran impulsadas por el pensamiento mágico, su base científica es incuestionable y hoy sabemos de cierto que muchas de las cosas que postuló son muy relevantes, aunque las mas importantes fueron valoradas casi un siglo después de su muerte.

Del entramado de avances fundamentales para la Neurociencia, el uso

¹⁸⁵ Llegó a localizar corticalmente el movimiento voluntario, y a asociar el involuntario al concurso de centros motores menos complejos, como el cuerpo estriado, el cerebelo y la médula espinal. Swedenborg justificó sus localizaciones específicas sobre la base del examen de los efectos psicológicos de las lesiones en determinadas áreas cerebrales. Para Swedenborg, el córtex resultaba esencial para las funciones motoras y sensoriales. Las operaciones de unos «pequeños cerebros» o cerebella, que constituyan las «glándulas corticales» de Malpighi, representarían la base de la sensación, del movimiento y de la actividad mental. Parece que Swedenborg incubó también ideas incipientes sobre la organización somatotópica de la función motora en el córtex cerebral. (Blanco, 2014:74)

¹⁸⁶ Blanco, 2014:74

de la electricidad, que fue un tema de alta importancia a partir del siglo XVIII, es algo en lo que debemos poner atención. En 1745 Pieter van Musschenbroek (1692-1761) realizó un experimento para comprobar si podía generar, conservar y descargar electricidad, utilizó una botella de vidrio llena de agua, con una varilla metálica sumergida en cuyo extremo exterior se acercaba un conductor cargado con electricidad, durante el proceso alguien retiraba el conductor de la varilla y al tocarlo con la mano recibía una fuerte descarga eléctrica; posteriormente William Watson descubrió que utilizando hojas de estaño en vez de agua aumentaba la descarga. Este artefacto es conocido como *La botella de Leiden*¹⁸⁷, su existencia fue reveladora respecto al uso de la electricidad con fines terapéuticos, pero también fue polémica.

Con la electricidad en mente, Lucía Galleazzi (1743-1788) y Luigi Galvani (1737, 1798) son los responsables de descubrir que las células musculares producen electricidad, sentaron las bases de lo que posteriormente sería la pila eléctrica y pusieron fin a una de las teorías más validas en la época, la de los Espíritus Animales, según la cual

¹⁸⁷ El siglo XVIII había asistido a una auténtica efervescencia en el estudio científico de la electricidad. La invención, en 1745, de la «botella de Leiden», un artilugio capaz de almacenar y de liberar cargas eléctricas, había despertado grandes esperanzas en las virtualidades del uso terapéutico de la fuerza eléctrica. El reformador inglés John Wesley (1703-1791), fundador de la Iglesia Metodista, recomendó, como poco antes había sugerido el Abbé Jean Antoine Nollet (1700-1770) (autor de *Essais sur l'Electricité des Corps*, de 1746), el empleo de la electroterapia en escritos suyos como *Primitive Remedies*, de 1747, y *The Desideratum or, Electricity Made Plain and Simple by a Lover of Mankind and Common Sense*, de 1759. Benjamin Franklin (1706-1790) alzó su voz contra el entusiasmo generado por la utilización de la electricidad con fines terapéuticos¹⁵⁰, advertencia que también realizaría el médico y revolucionario francés Jean-Paul Marat (1743-1793) en obras como *Recherches Physiques sur l'Electricité*, de 1782, y *Mémoires sur l'Electricité Médicale*, de 1784, donde aseguraba que la electroterapia era incapaz de curar la epilepsia. (Blanco, 2014:65)

estos se producían en el encéfalo por el llamado *pneuma psíquico* y eran transmitidos a los órganos periféricos a través de los nervios, de modo que eran los responsables de llevar las órdenes y generar el movimiento. Galvani por su parte "al desvelar que los nervios son capaces de conducir electricidad, sentó las bases para mostrar cómo la propia corriente eléctrica propagada por el *sistema nervioso* bastaba para justificar el movimiento involuntario"¹⁸⁸. Un día Lucía preparaba lo necesario para realizar la disección de ancas de rana en la clase de anatomía de Luigi y se dio cuenta de que estas se contraían al tocar los nervios motores con el bisturí; al reflexionar en conjunto el fenómeno concluyeron que esto sucede porque la corriente eléctrica activa los músculos.

The science of electrophysiology dates back to the end of the 18th century in Italy when Luigi Aloisio Galvani discovered that dead frog leg muscles were able to twitch when an electric shock was applied to one of its nerves (...).

Galvani concluded that animal tissues possess an intrinsic electricity, termed animal electricity, which is involved in vital physiological processes, such as nerve conduction and muscle contraction (2). His colleague, Alessandro Volta at University of Pavia, was able to reproduce Galvani's results, however, he rejected his theory of intrinsic electricity. Volta stated that frogs lack such electricity instead the frog's contractions were due to an electricity that was already known and was triggered by metals used by Galvani to connect the species' nerves and muscles(3). The two Italian scientists' contradicting theories led to years of discussions and numerous of experiments to prove and support their respective thoughts. These succeeding experiments led to Galvani laying the basis of electrophysiology and Volta inventing the electrical battery. Fellow scientists at the time gave their support either to Galvani or Volta, and some others even recognized and accepted both hypotheses, such as

¹⁸⁸ Blanco, 2014:67

German pioneer Emil du Bois-Reymond, who is also known as the father of electrophysiology.¹⁸⁹

Galvani llevó a cabo varios experimentos a partir de esto, fueron publicados en 1791 en sus *Comentarios de la fuerza de la electricidad en el movimiento muscular (De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius)*, en este documento "exponía detalladamente sus experimentos por orden cronológico, y aportaba evidencias sólidas de que la electricidad interna del animal era la responsable de la actividad nerviosa"¹⁹⁰.

El dilema entre Volta y Galvani sobre si la electricidad se generaba en el cuerpo o provenía de los metales utilizados de forma externa al animal fue polémico, aunque Galvani ya había demostrado que la electricidad era fundamental en el movimiento muscular del cuerpo animal aún había muchas dudas sobre de dónde provenía y cómo funcionaba. Fue hasta que Alexander von Humboldt (1769-1859) replicó los experimentos de Galvani que se llegó a la interesante

¹⁸⁹ [La ciencia de la electrofisiología se remonta a finales del siglo XVIII en Italia, cuando Luigi Aloisio Galvani descubrió que los músculos de las patas de rana muertas podían contraerse cuando se aplicaba una descarga eléctrica a uno de sus nervios. (...)]

Galvani concluyó que los tejidos animales poseen una electricidad intrínseca, denominada electricidad animal, que está involucrada en procesos fisiológicos vitales, como la conducción nerviosa y la contracción muscular (2). Su colega, Alessandro Volta de la Universidad de Pavía, pudo reproducir los resultados de Galvani, sin embargo, rechazó su teoría de la electricidad intrínseca. Volta afirmó que las ranas carecen de esa electricidad, en cambio, las contracciones de la rana se debían a una electricidad que ya se conocía y que era provocada por los metales utilizados por Galvani para conectar los nervios y los músculos de la especie(3). Las teorías contradictorias de los dos científicos italianos llevaron a años de discusiones y numerosos experimentos para probar y apoyar sus respectivos pensamientos. Estos experimentos sucesivos llevaron a Galvani a sentar las bases de la electrofisiología ya Volta a inventar la batería eléctrica. Otros científicos de la época dieron su apoyo a Galvani o a Volta, y algunos otros incluso reconocieron y aceptaron ambas hipótesis, como el pionero alemán Emil du Bois-Reymond, también conocido como el padre de la electrofisiología.] Rubaiy, 2017:48

¹⁹⁰ Blanco, 2014:66

conclusión de que “existían ambos fenómenos: el de la electricidad animal y el de la electricidad de origen bimetálico”¹⁹¹.

El siguiente paso científico importante sobre el funcionamiento eléctrico en el cuerpo fue la observación de la médula espinal en la contracción muscular, en palabras de Blanco (2014), con investigadores como Robert Whytt (1714-1766) que opinaba que los animales poseían un <<alma espinal>> no confinada al cerebro, o Jiri Procháska (1749-1820) quien hablaba de un <<principio sintiente>> que opera en el *sistema nervioso* incluso ante la pérdida del cerebro.

Las investigaciones de la electricidad en animales fueron acompañadas por la Química, disciplina que cuando logró despegarse de la Alquimia, se convirtió en otro punto de vista que sumaba al conocimiento del *sistema nervioso*. La diferenciación entre los nervios sensoriales y los motores fue todo un hallazgo en tanto distinguir la sensación de la acción, “Charles Bell (1774-1842) y François Margendie (1783-1855) diferenciaron con claridad, gracias a sus observaciones anatómicas y a sus experimentos con perros, los nervios

¹⁹¹ Alexander von Humboldt (1769-1859), quien replicó los experimentos de Galvani por su cuenta, para concluir, en su monografía *Versuche über die gereizte Muskel und Nerven faser*, de 1797, que existían ambos fenómenos: el de la electricidad animal y el de la electricidad de origen bimetálico. A la luz de los conocimientos hoy disponibles sobre neurofisiología, sorprende la actualidad de la teoría de Humboldt, pues, en efecto, la electricidad es un fenómeno interno a los seres dotados de sistema nervioso y muscular, pero el flujo de corriente eléctrica se produce gracias al concurso de las especies catiónicas de dos metales: el sodio y el potasio. (Blanco, 2014:66)

sensoriales de los motores¹⁹². Bell atribuyó a las raíces anteriores de la médula espinal la naturaleza motora, mientras que Margendie discernió en las raíces posteriores la capacidad sensorial.”¹⁹³ Además descubrieron cómo sucede la transmisión de información entre el *sistema nervioso* y el resto del cuerpo.

La pregunta era si la conducción desde y hacia el sistema nervioso tenía lugar a lo largo de un mismo axón, con conducción por tanto bidireccional, o a lo largo de axones diferentes. A principios del siglo XIX, Bell cortó separadamente las raíces dorsales y las ventrales de la médula espinal en animales y observó que sólo cortando las ventrales aparecía parálisis. Magendie demostró que las raíces dorsales transmiten información sensorial. De los estudios de Bell y Magendie se concluyó que en cada nervio raquídeo hay una mezcla de axones, cada uno de los cuales transmite información sólo en un sentido.¹⁹⁴

Por otro lado la psicología y la psiquiatría también tuvieron una muy relevante evolución en el siglo XIX “se alcanzaron definiciones más precisas de las enfermedades mentales, de las facultades psíquicas, de los trastornos, etc. En este contexto deben entenderse los importantes avances que tendrían lugar en el estudio científico del cerebro”¹⁹⁵. Hubo varios investigadores que postularon importantes conocimientos sobre el córtex como centro de las funciones mentales, pero fue hasta que Pierre-Paul Broca (1824-1904), miembro fundador de la *Sociedad*

¹⁹² En cualquier caso, la correcta distinción entre sensación y acción refleja sólo advino con el trabajo de Marshall Hall (1790-1857), quien, en una comunicación a la Royal Society de Londres de 1833 (titulada «On the reflex function of the medulla oblongata and medulla spinalis»), y apoyado en sus experimentos con animales (por ejemplo, con salamandras, cuyas colas no cesaban de agitarse aun después de escindirlas del resto del cuerpo), estableció que los movimientos observados en criaturas decapitadas no dependían de la sensación y de la volición, sino de otro principio. Unos años más tarde, Hall postuló la existencia de un centro reflejo en la médula espinal, que operaría de modo distinto a los procesos sensoriales y motores, ajeno a la mediación del cerebro. (Blanco, 2014:70)

¹⁹³ Blanco, 2014:70

¹⁹⁴ Cavada, 2017

¹⁹⁵ Blanco, 2014:78

de Antropología de París donde había expuesto sus trabajos sobre la relación entre la inteligencia y el tamaño del cerebro; para entonces había quien defendía que esta relación era proporcional, sin embargo surgía una corriente de pensamiento basada en que la inteligencia dependía del nivel de desarrollo de ciertas partes del cerebro y en algunos casos de específicamente el córtex. En 1861 llegó al área hospitalaria donde trabajaba Broca el paciente Louis Victor Leborgne, un hombre que tenía años hospitalizado habiendo ingresado a la edad de 30 tras perder el habla por un ataque epiléptico, padecimiento que tenía desde joven; años después de su ingreso Monsieur Leborgne sufrió parálisis del lado derecho de su cuerpo y gangrena en la pierna de ese mismo lado, esto lo llevó al área donde trabajaba Broca quien decidió realizarle una autopsia al morir unos días después. Para entonces Broca ya había presentado parte de sus hipótesis sobre la localización del lenguaje en el lóbulo frontal y la autopsia de Leborgne le permitió confirmarlas.¹⁹⁶

Finger¹⁹⁷ dice que el éxito de Broca sobre otros investigadores que ya habían postulado cosas cercanas a sus afirmaciones pudo radicar en que este "proporcionó una mayor cantidad de información sobre el

¹⁹⁶ Broca mostró el cerebro de Leborgne ante la «Société d'Anthropologie» parisina, y sus colegas pudieron comprobar que padecía una grave lesión en la tercera circunvolución frontal del hemisferio izquierdo (parte frontal inferoposterior, más tarde denominada «área de Broca»). Broca preparó un artículo científico más detallado, que se publicaría meses después. Monsieur Leborgne había experimentado en vida un trastorno severo que le impedía hablar y escribir con normalidad, si bien no alteraba significativamente su facultad de comprensión. Broca bautizó inicialmente la incapacidad de Leborgne para hablar con el nombre de «aphémie» («afemia»), y así la distinguió con nitidez de la imposibilidad de entender el significado de las palabras. En 1864, Armand Trousseau (1801-1867) propuso el término «aphasie» («afasia»), que gozaría de un mayor grado de aceptación entre los expertos. (Blanco, 2014:80)

¹⁹⁷ Blanco, 2104

caso que se presentaba (...). Además de que fue extremadamente preciso a la hora de caracterizar el trastorno del habla (...)” y también a que la mentalidad de los científicos de la época había evolucionado y a que Broca ya gozaba de gran prestigio para cuando le llegó el caso de Leborgne. Broca tuvo otros hallazgos en la disección del cuerpo y en el estudio de numerosos casos de personas con trastornos lingüísticos que siguió realizando, por ejemplo “sugirió que los lóbulos frontales podían estar asociados no sólo al lenguaje, sino a facultades como el juicio y la abstracción, pues Leborgne había perdido muchas de sus capacidades intelectuales con el paso del tiempo.”¹⁹⁸ A los trabajos de Broca se suman los del neurólogo y psiquiatra Carl Wernicke (1848-1905).

Unos años después de los importantes trabajos de Broca sobre la afasia que lleva su nombre, el alemán Carl Wernicke descubrió otro tipo de trastorno, cuyo estudio contribuiría a esclarecer la localización cortical de las distintas capacidades lingüísticas. La afasia de Wernicke, lesión que afecta a un área parietal izquierda, exhibe síntomas bien distintos a la de Broca. El déficit no se refiere tanto a la producción del lenguaje, al uso de las reglas sintácticas para construir oraciones bien formadas, como a su correcta comprensión.¹⁹⁹

Por su parte los alemanes Edouard Hitzig (1838-1907) y Gustav Theodor Fritsch (1838-1927) realizaron importantes experimentos de estimulación del córtex cerebral en perros para lograr avances similares a los de Broca y Wernicke, pero respecto a la localización en el córtex de las funciones motoras.

¹⁹⁸ Blanco, 2014:82

¹⁹⁹ Blanco, 2014:83

Advirtieron que producía una serie de movimientos colaterales. Además, se percataron de que la estimulación de partes específicas del córtex suscitaba, de manera consistente, la activación de determinados músculos. Estos hallazgos les permitieron elaborar un primitivo mapa cortical de movimientos, para evidenciar que existía una representación del cuerpo organizada topográficamente en el córtex cerebral.²⁰⁰

Las investigaciones en torno al funcionamiento del *sistema nervioso* y sus partes eventualmente recayeron en la observación de las células que lo conforman, las neuronas. Similar que en otros campos de saber, se volvió necesario indagar en la unidad mínima de funcionamiento como un eslabón cuyo estudio permite comprender el sistema completo. Cuando hablamos del estudio de la Neurona, Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) es referente.

El mérito de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) reside en haber demostrado la individualidad de las neuronas, al desentrañar, de manera detallada, la estructura y el papel del cuerpo neuronal, del axón y de las dendritas. También descubrió la polarización dinámica de la señal eléctrica, que se transmite de modo unidireccional, por lo que las señales se propagan de una célula a otra siempre en la misma dirección. Cada neurona posee un aparato receptor (las prolongaciones dendríticas y el cuerpo), un aparato emisor (el axón), así como un aparato para la distribución (la arborización terminal de la fibra nerviosa), frente a una transmisión difusa del impulso nervioso.²⁰¹

El microscopio y el perfeccionamiento de la técnica de tinción y fijación de tejidos creada por Camilo Golgi (1843-1926) que permite teñir las células de un modo en que se pueden apreciar sus partes; fueron piezas clave del trabajo de Ramón y Cajal, quien indagó al rededor del *sistema nervioso central* como una conformación de

²⁰⁰ Blanco, 2014:84

²⁰¹ Blanco, 2014:89

células independientes (neuronas) que se comunican.²⁰²

Ramón y Cajal se dedicó a describir las estructuras de las neuronas y su funcionamiento y uno de sus maravillosos métodos de estudio era observar las células en el microscopio e irlas dibujando a mano; con ello, además de su legado en conocimiento científico, nos dejó una serie de imágenes neuronales de relevantes cualidades estéticas. También identificó las estructuras que sirven como guías para el crecimiento de las fibras nerviosas, las llamó conos de crecimiento. Tiempo después Ross Granville Harrison (1870-1959) descubrió que el crecimiento de estas fibras sucede a partir de que estos conos encuentran una senda clara hacia su objetivo, es decir que no crecen hacia cualquier lado sin sentido, entre Harrison, Ramón y Cajal e investigadores posteriores se comprobó que este fenómeno tiene una importante presencia química, de modo que el camino de crecimiento que siguen los conos tiene que ver con la afinidad química entre distintos filamentos de las fibras nerviosas.

²⁰² (...) el instrumento revelador existía; sólo que ni yo, aislado en mi rincón, lo conocía, ni se había divulgado apenas entre los sabios, no obstante haber visto la luz por los años de 1880. Fue descubierto por C. Golgi, eximio histólogo de Pavía, favorecido por la casualidad, musa inspiradora de los grandes hallazgos. En sus probaturas tintoriales, notó este sabio que el protoplasma de las células nerviosas, tan rebelde a las coloraciones artificiales, posee el precioso atributo de atraer vivamente el precipitado de cromato de plata, cuando este precipitado se produce en el espesor mismo de las piezas. El modus operandi, sencillísimo, redúcese á indurar por varios días trozos de substancia gris en soluciones de bicromato de potasa (ó de líquido de Müller), ó mejor aún, en mezcla de bicromato y de solución al 1 por 100 de ácido ósmico; para tratarlos después mediante soluciones diluidas (al 0,75) de nitrato de plata cristalizado. Genérase de este modo un depósito de bicromato argéntico, el cual, por dichosa singularidad que no se ha explicado todavía, selecciona ciertas células nerviosas con exclusión absoluta de otras. Al examinar la preparación, los corpúsculos de la substancia gris muéstranse teñidos de negro achocolatado hasta en sus más finos ramúsculos, que destacan con insuperable claridad, sobre un fondo amarillo transparente, formado por los elementos no impregnados. Gracias á tan valiosa reacción, consiguió Golgi, durante varios años de labor, esclarecer no pocos puntos importantes de la morfología de las células y apéndices nerviosos. Pero, según dejo apuntado, el admirable método de Golgi era por entonces (1887-1888) desconocido por la inmensa mayoría de los neurólogos ó desestimado de los pocos que tuvieron noticia precisa de él. (Ramón y Cajal, 1917:73)

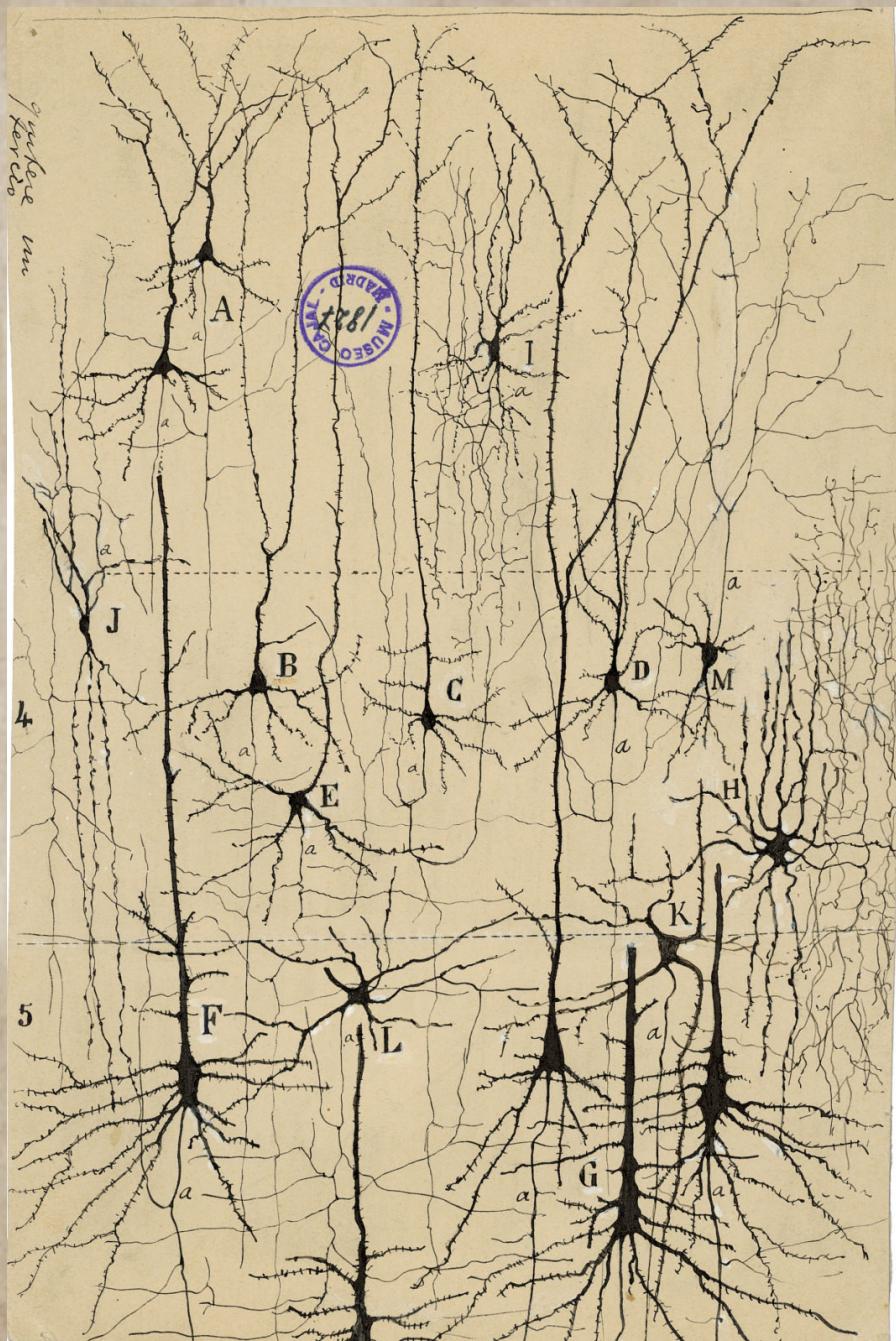


Fig. 13
Ilustración de Santiago Ramón y Cajal

De forma simultanea e independiente, el embriólogo norteamericano Ross Harrison (1870-1959) planteó el estudio experimental del desarrollo de las fibras nerviosas y rechazó la simple observación histológica de los fenómenos normales de neurona-embriogénesis como estrategia capaz de resolver el problema. En 1907 Harrison introdujo la técnica de cultivo in vitro de células nerviosas y demostró la existencia de crecimiento de las prolongaciones nerviosas en ausencia de elementos celulares accesorios, descartando definitivamente la teoría de los puentes intracelulares.²⁰³

A partir del trabajo metódico de Santiago Ramón y Cajal varios científicos realizaron investigaciones y descubrimientos importantes sobre el funcionamiento del Sistema Sensorial Humano, entre ellos Hermann Von Helmholtz (1821-1894) quien "descubrió que la actividad eléctrica de las células nerviosas es la forma de transmitir información desde un extremo a otro de una célula y también desde una célula a otra"²⁰⁴.

El neurofisiólogo Sir Charles Scot Sherrington (1857-1952) acuñó el término *sinapsis*. "cultivó una intensa pasión por la filosofía y por la literatura (especialmente por Goethe), reflejada en su obra poética y el libros como *Man on His Nature*"²⁰⁵. Parece que Sherrington admiraba al poeta John Keats y a Goethe como literato, inspirado en él es que comenzó a escribir poesía. El poeta Alfred Noyes publicó en la revista científica *Nature* del 11 de Septiembre de 1926, como reseña del libro de poemas de Sherrington *Assaying of Brabantius and other Verse [El ensayo de Brabantius y otros versos]*:

²⁰³ Baratas, 1997:267

²⁰⁴ Cavada, 2017

²⁰⁵ Blanco, 2104:102

This book of poems should interest all lovers of literature, not merely because of its author's eminence in the scientific world, but also for its own artistic quality. It contains the most accomplished verse that has been published in England by any man of science; and one of the most remarkable facts about it is that the point of view throughout is purely artistic.²⁰⁶

Una de las cuestiones que más importaron a Sherrington fue ¿cuál es la naturaleza de la mente? Realizó disecciones en perros, gatos y monos, envuelto en la polémica de la crueldad animal, en su caso trabajaba en la "Brown Institution, hospital de la Universidad de Londres, que sostenían los interesados en evitar la crueldad con los animales(...)"²⁰⁷. Sherrington logró que se le permitiera realizar investigación en animales en dicha institución y los convenció de que "los animales que debían ser sacrificados, antes de ser privados de la vida, podían muy bien, sin sufrimiento alguno, servir para llevar a cabo valiosas observaciones en beneficio de los demás seres vivientes"²⁰⁸. Se centró en el estudio de la médula espinal y logró encontrar la correspondencia entre la sensibilidad de la piel y la espina dorsal estableciendo la idea de Sistema Propioceptivo; lanzó la idea de que la corteza motora de los humanos tiene un patrón general y a partir del estudio del reflejo motor, sostenido en que existen una serie de acciones reflejas que no son actos conscientes, identificó el mecanismo de las neuronas motoras y las neuronas sensoriales implicadas. Trabajó también en el estudio de los nervios sensoriales y motores, identificando la

²⁰⁶ [Este libro de poemas debería interesar a todos los amantes de la literatura, no meramente por la eminencia de su autor en el mundo científico, sino también por su calidad artística. Contiene el verso más logrado que haya sido publicado en Inglaterra por cualquier hombre de ciencia; y uno de los hechos más notables al respecto es que el punto de vista es puramente artístico.] *Nature*, 1926

²⁰⁷ Izquierdo, 1949:68

²⁰⁸ Izquierdo, 1949:69

distribución de las raíces espinales y comprendiendo que una de las funciones mas importantes del *sistema nervioso* es la de integrar y discriminar información para poder responder de forma eficiente.²⁰⁹

Desde el siglo XIX la localización de las funciones mentales en las estructuras del encéfalo ha sido uno de los asuntos de mayor interés para la *Neurocultura*. Desde que el medico Franz Joseph Gall propuso la frenología postulando que las funciones superiores de la mente tienen una base biológica en el cerebro, órgano con distintos centros relacionados con dichas funciones (teoría que ya es obsoleta pero que sentó bases), hasta la época actual en que se sabe que las funciones mentales suceden ante la activación de distintos circuitos neuronales.

Las funciones mentales son producto de la activación de diferentes circuitos neuronales, principalmente de activación cortical. La variabilidad funcional de este depende del desarrollo de regiones cerebrales con tipos de neuronas característicos que establecen un patrón de redes. Esto requiere la articulación en el espacio y el tiempo de los procesos celulares que construyen la estructura del sistema nervioso central.²¹⁰

El vínculo entre disciplinas como la Neuroanatomía, Neuropsicología, las ciencias computacionales, Neurofisiología, entre otras; ha dado

²⁰⁹ A invitación de la Yale University, Sherrington se encargó en 1904, de las llamadas *Silliman Lectures*, que dos años mas tarde aparecieron reunidas en el libro que marca la cumbre de sus trabajos "The Integrative Action of the Neurons System", con ideas que habían empezado a germinar en Sherrington desde 1893, al comprobar que cuando se provoca un reflejo, resultan igualmente los músculos antagónicos. La obra introdujo términos nuevos que desde luego quedaron incorporados en la literatura fisiológica, tales como los de *sinapsis*, *proprioceptivo* y *nociceptivo* y la designación del cerebelo como *ganglio superior* del sistema propioceptivo. Además dio a conocer los hechos más importantes que Sherrington había descubierto; propuso conceptos nuevos para explicarlos, y sobre todo, los presentó ordenados y conectados entre sí y con otros que ya eran conocidos , en forma novedosísima. (Izquierdo, 1949:70-71)

²¹⁰ Ordóñez y Sánchez, 2020:44

lugar a lo que hoy conocemos como Ciencia Cognitiva y al surgimiento de la Neurociencia Moderna.

Algunos autores sitúan el nacimiento de las neurociencias modernas en 1962, año en que se creó el «Neuroscience Research Program» (NRP) en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. En este acontecimiento desempeñó un papel fundamental la labor de Francis O. Schmitt (1903-1985), quien reunió a científicos interesados en comprender la base cerebral del comportamiento y de las facultades superiores de la mente. Forjó, así, un grupo de investigación que englobaba a físicos, biólogos, médicos, psicólogos, etc. de gran nivel, cuyas publicaciones y reuniones se revelarían esenciales para el incipiente campo de la neurociencia.²¹¹

El *Neuroscience Research Program* nació auspiciado por la *Academia Americana de Artes y Ciencias* y fue un programa excepcional donde se unieron grandes mentes de muy distintos campos disciplinares, neurólogos, químicos, físicos, filósofos, psicólogos, médicos, etcétera; poniendo sus conocimientos y perspectiva a disposición del estudio de la mente. Es probablemente uno de los procesos interdisciplinares más relevantes y fructíferos de la historia, este grupo de personas logró comprender que para la construcción de conocimiento en torno al funcionamiento neuronal del ser humano, relacionado tanto con las bases fisiológicas como con la mente, era fundamental la colaboración entre distintos campos disciplinares, desdibujar prejuicios entre estos, ir más allá de las fronteras de cada uno y tener apertura a distintos modos de generación de conocimiento, puntos de vista, posturas, etcétera.

²¹¹ Blanco, 2014:128

3.2. Neuroestética

Neuroaesthetics is an emerging discipline that investigates the biological underpinnings of aesthetic experiences. Such experiences occur when we appraise objects. Aesthetic experiences include emotions, valuation, and actions engendered by these objects, as well as processes that underlie their interpretation and production.²¹²

Este presente neurocultural ha legado vínculos entre la Neurociencia y otros campos de saber, entre ellos el de la Neuroestética: el estudio de las estructuras, sustancias y funciones del *sistema nervioso* que se activan cuando el ser humano entra en contacto con las cualidades estéticas de las cosas que conforman el universo y de modo mas específico de los objetos del arte dado que Semir Zeki (1940-), quien nombró e inauguró la Neuroestética como disciplina formal, al trabajar en investigar el fenómeno de la belleza ante la apreciación de Arte.

Painting, music, literature, sculpture; all embellish human life. All cultures have studied, describe or discussed these subjects albeit from a humanistic, subjective and descriptive perspective. Neuroscience permits a new perspective which we call “neuroaesthetics”. In its essence, neuroaesthetics is that discipline which is started to provide some neuronal insights into our understanding of art and beauty (Cela-Conde et al. 2011; Ishizu and Zeki 2011). Thus defined, neuroaesthetics is, along with the brain-mind problem, at the heart of neuroculture.²¹³

²¹² [La neuroestética es una disciplina emergente que investiga los fundamentos biológicos de las experiencias estéticas. Tales experiencias ocurren cuando valoramos objetos. Las experiencias estéticas incluyen emociones, valoraciones y acciones engendradas por estos objetos, así como los procesos que subyacen a su interpretación y producción.] Chatterjee y Vartanian, 2014:370

²¹³ [Pintura, música, literatura, escultura; todos embellecen la vida humana. Todas las culturas han estudiado, descrito o discutido estos temas aunque desde una perspectiva humanista, subjetiva y descriptiva. La neurociencia permite una nueva perspectiva a la que llamamos “neuroestética”. En esencia, la neuroestética es aquella disciplina que comenzó para proporcionar algunos conocimientos neuronales sobre nuestra comprensión del arte y la belleza (Cela-Conde et al. 2011; Ishizu y Zeki 2011). Así definida, la neuroestética está, junto con el problema cerebro-mente, en el corazón de la neurocultura.] Mora, 2015:11

En las últimas décadas del siglo XX, el neurólogo Vilayanur Ramachandran (1951-) realizó importantes investigaciones de la percepción visual utilizando métodos psicofísicos para obtener información de los mecanismos del cerebro ante el procesamiento visual. Las investigaciones de Ramachandran detonaron el interés por estudios neuronales relacionados con los sentidos y la estética y el neurobiólogo Semir Zeki estructuró el concepto Neuroestética, fundando en 2001 el *Instituto en Neuroestética* en Berckley, California, introduciendo así un nuevo campo de estudio de la Neurociencia para establecer las bases biológicas y neurológicas de la experiencia estética, estudiando la manera y en que el cerebro concibe la belleza, así como las bases orgánicas y funcionales que contribuyen a crearla, procesarla y entenderla. Igual que Ramachandran, Zeki exploró la vía visual.

Todo arte visual se expresa a través del cerebro y, por tanto, debe obedecer leyes cerebrales, ya sea en concepción, ejecución o apreciación. Así, podemos considerar que cualquier teoría estética que no se base sustancialmente en la actividad del cerebro será una teoría incompleta y superficial.²¹⁴

Buscando respuesta a la pregunta "¿existe una característica o un grupo de características que definan a la belleza?" Zeki trabajó con un grupo de personas de distintos contextos²¹⁵, para exponerlos a imágenes visuales y auditivas que los participantes, de forma

²¹⁴ Zeki, 2005:19

²¹⁵ Para Zeki era importante que las personas participantes no tuvieran conocimientos de arte, pues el estudio estaba basado en conocer cuáles son las zonas de mayor actividad ante un objeto considerado bello sin juzgar la pieza por su valor artístico y/o histórico, sino por el placer que se experimenta al estar frente al objeto.

individual, clasificarán en bellas, indiferentes y feas²¹⁶.

Zeki encontró indicios de lo que la filosofía y la estética se habían preguntado durante siglos, por ejemplo: ¿qué hace que algo sea bello? ¿es la belleza subjetiva? ¿la experiencia estética y la belleza son cuantificables?. Las investigaciones de Semir Zeki dieron luz sobre lo que ocurre a nivel metabólico en el cerebro, probaron que las experiencias consideradas subjetivas no lo son por completo, que la experiencia estética puede ser cuantificable y que una parte de ella puede explicarse a partir de la Neurociencia. Sabemos que Zeki realizó la mayor parte de su trabajo investigando al Arte y el sistema visual, sin embargo podríamos aplicar sus postulados, y lo que es más los suyos y los del conocimiento resultante de los estudios neuroestéticos en general, a los distintos lenguajes artísticos y sistemas sensoriales.

Neuroaesthetics has been, so far, mainly concerned with visual perception, with a particular focus on how the properties of artworks are visually processed. However, the evidence here reviewed consistently suggests that aesthetic experience -not differently from the perception of any visual object- only begins with a visual

²¹⁶ Zeki descubrió que la misma región se activa también en respuesta a otras imágenes que suelen interpretarse como bellas. Apunta a que “todos los artistas son, intuitivamente, neurocientíficos”, pues comprenden de manera innata cómo el cerebro ve el mundo. (...)

Así, en 2004 realizó un estudio diseñado para observar la actividad del cerebro cuando se percibe algo considerado bello. En colaboración con Hideaki Kawabata, reunió a 10 voluntarios (hombres y mujeres) todos ellos estudiantes universitarios, sin ninguna experiencia en el campo del arte. Primero les enseñaron 300 pinturas y les pidieron que las calificaran como “bellas”, “feas” o “neutrales”. Como esperaban Zeki y Kawabata, las opiniones variaban. Tras la clasificación, los participantes vieron de nuevo las pinturas mientras los investigadores observaban la actividad de sus cerebros por medio de un equipo de resonancia magnética.

El estudio reveló que en todos los casos se activaban las regiones orbitofrontal y motora de la corteza prefrontal; sin embargo, cuando un voluntario veía una pintura que había calificado como “bella” aumentaba principalmente la actividad de su corteza orbitofrontal. Pero lo más curioso fue que cuando los individuos veían una obra que les parecía “fea”, además de activarse la amigdala, región cerebral que se asocia con reacciones emocionales como el miedo, se activaba especialmente la corteza motora (...). (González, 2016:99-100)

description of art works. In fact, sensorimotor and emotional processes are also in place, which colour aesthetic experiences with embodied motor and affective responses. The field of neuroaesthetics, here addressed only for what pertains visual arts, is a new but rapidly expanding area of investigation that also covers other art-forms, like music and performing arts. One of the future challenges for neuroaesthetics, then, will be that of clarifying whether aesthetic experience shares common neural bases across different artistic domains.²¹⁷

Respecto a la Historia del pensamiento occidental, el arte clásico, concretamente el de la civilización griega de siglo V a. de C. y de manera mucho más específica el de Atenas; deviene en que sea la belleza la categoría estética aparentemente preponderante; pero no hay que olvidar que lo feo, lo grotesco y lo trágico son elementos constitutivos del género dramático más ético y elevado que ha existido, la Tragedia Griega, que ante la búsqueda de elevación del espíritu humano permitía un efecto de reconocimiento del yo, a partir de personajes con una calidad ética mas elevada o cuando menos distinta a la humana, para mover a la catarsis. Pero es innegable que la belleza es la categoría más socorrida en el arte, si bien hay artistas que han creado a partir de otras categorías, la gran mayoría la buscan porque ella encierra una fuerza de atracción muy potente e inmediata pues ¿a quién no le gusta lo que le parece bello?.

²¹⁷ [Hasta ahora, la neuroestética se ha ocupado principalmente de la percepción visual, con un enfoque particular en cómo se procesan visualmente las propiedades de las obras de arte. Sin embargo, la evidencia aquí revisada sugiere consistenteamente que la experiencia estética -al igual que la percepción de cualquier objeto visual- solo comienza con una descripción visual de las obras de arte. De hecho, también están presentes los procesos sensoriomotores y emocionales que tiñen las experiencias estéticas con respuestas motoras y afectivas encarnadas. El campo de la neuroestética, que aquí se aborda solo en lo que respecta a las artes visuales, es un área de investigación nueva pero en rápida expansión que también cubre otras formas de arte, como la música y las artes escénicas. Entonces, uno de los desafíos futuros para la neuroestética será aclarar si la experiencia estética comparte bases neuronales comunes en diferentes dominios artísticos.] Di Dio y Gallese, 2009:686

Psychology of the arts has focused on the quality of experiences that explain why this behavior is demonstrated (Leder et al. 2004). In this vein, artworks in exhibitions represent an unquestioned aesthetic value to visitors, and promise exciting, enlightening, or uplifting experiences. This relates to the most-often assumed explanation of aesthetic behavior: that art deploys hedonic states of positive experiences of beauty, pleasure, or the sublime.²¹⁸

A todos nos atrae lo que consideramos bello y además de atraernos nos provoca quedarnos ahí, contemplarlo y apropiárnoslo, no nos basta con que la belleza exista y esté ante nosotros, nos gusta conservarla en sus versiones reales o en replicas: fotografías, poemas, pinturas, etcétera.

The pleasure that people derive from looking at beautiful objects automatically taps into our general reward circuitry. For example, attractive faces activate the FFA and parts of the ventral striatum even when people are not thinking explicitly about the attractiveness of these faces. The orbito and medial-frontal cortex, ventral striatum, anterior cingulate, and insula respond to beautiful visual images and the medial orbitofrontal cortex and adjacent cingulate cortex respond to different sources of pleasures including music and even architectural spaces.²¹⁹

Utilizando la tecnología adecuada, visualizando nodos entre áreas de conocimiento y vínculos entre los actores de la creación; se potencia un territorio que reconoce y cuestiona las fronteras del conocimiento y los modos de hacer. Desde la Neurociencia son considerados avances

²¹⁸ [La psicología de las artes se ha centrado en la calidad de las experiencias que explican por qué se manifiesta este comportamiento (Leder et al. 2004). En este sentido, las obras de arte en las exposiciones representan un valor estético incuestionable para los visitantes y prometen experiencias emocionantes, esclarecedoras o edificantes. Esto se relaciona con la explicación asumida con mayor frecuencia del comportamiento estético: que el arte despliega estados hedónicos de experiencias positivas de belleza, placer o lo sublime.] Leder, Gerger y Brieber, 2015:57

²¹⁹ [El placer que la gente obtiene al mirar objetos hermosos se conecta automáticamente con nuestro circuito general de recompensas. Por ejemplo, las caras atractivas activan el FFA y partes del cuerpo estriado ventral incluso cuando las personas no están pensando explícitamente en el atractivo de estas caras. El orbito y la corteza medial-frontal, el cuerpo estriado ventral, la corteza cingulada anterior y la insula responden a bellas imágenes visuales y la corteza orbitofrontal medial y la corteza cingulada adyacente responden a diferentes fuentes de placer, incluida la música e incluso los espacios arquitectónicos.] Chatterjee y Vartanian, 2014:1

que a través de distintos enfoques permiten obtener información del funcionamiento neuronal y métodos para su análisis e interpretación.

Art is a uniquely human activity associated with emotions as well as abstract and symbolic cognition. Art is in fact knowledge and pleasure; pleasure never consummated, never satisfied, that kind of especial pleasure which has noted by Immanuel Kant is of “the finest nature because it tolerates enjoyment without satiety or exhaustion” (Kant 1960; Mora 2006). Neuroesthetics provides a way, using neurobiological tools (neuronal recordings and imaging techniques such as magnetic resonance or magneto-encephalography) to investigate and dissect the bases in the brain (brain areas, nodes, and distributed neuronal systems) of both knowledge and pleasure.²²⁰

Tenemos entonces una aproximación a reconocer qué sucede con la senso-transdu-percepción y los otros momentos del ciclo de procesamiento de información en el cuerpo humano. Existe una base neurológica relacionada con aquello que determina de qué manera valoramos nuestras vivencias, qué es lo que hace que nos enamoremos de cierta persona, que nos guste un color y no otro, que apreciemos las cosas de cierta manera y que hagamos arte de la forma en que decidimos hacerlo; y hay también una base cultural y aprendida fundamental en la conformación de nuestra mente relacionada con la memoria.

La memoria —capacidad de adquirir y almacenar información sumamente diversa, desde las nimiedades de la vida cotidiana hasta las complejas abstracciones de la geografía y del álgebra— es uno de los

²²⁰ [El arte es la única actividad humana exclusivamente asociada con las emociones, así como con la cognición abstracta y simbólica. El arte es de hecho conocimiento y placer; placer nunca consumado, nunca satisfecho, ese tipo de placer especial que ha señalado Immanuel Kant es de “la naturaleza más fina porque tolera el disfrute sin saciedad ni agotamiento” (Kant 1960; Mora 2006). La neuroestética proporciona una forma, utilizando herramientas neurobiológicas (grabaciones neuronales y técnicas de imagen como resonancia magnética o magnetoecefalográfia) para investigar y diseccionar las bases en el cerebro (áreas cerebrales, nodos y sistemas neuronales distribuidos) tanto del conocimiento como del placer.] Mora, 2015:11

aspectos más notables del comportamiento humano. Nos permite resolver problemas que afrontamos a diario evocando simultáneamente varios hechos a la vez, cosa vital para la resolución de problemas. En un sentido más amplio, confiere continuidad a nuestra vida: nos brinda una imagen coherente del pasado que pone en perspectiva la experiencia actual.²²¹

Pero además, existen procesos energéticos que suceden cuando percibimos algo y pasando de la pura contemplación, se convierten en profundas experiencias estéticas que se traducen en sentimientos, posturas, pensamientos u obras de arte por ejemplo.

El conocimiento neuroestético intenta explicar los fenómenos suscitados a partir de la comprensión de los procesos físico-químicos que suceden en el humano cuando, a través de los sistemas sensoriales, recibe información del entorno y la transduce en impulsos eléctricos llevándola de neurona en neurona para generar procesos de recepción, apreciación y expresión. El universo está sujeto a ser estetizado, a ser percibido por los sistemas sensoriales a partir de la contemplación para convertir aquello percibido en experiencias estéticas que, cuando menos en ciertos momentos, no tienen finalidades teóricas ni prácticas para el humano; Friedrich Kainz en su obra fundamental *Estética* (1948) postula tres estados en los que el humano se coloca ante aquello que en el mundo existe: 1) el teórico, que consiste en que cuando algo se coloca frente a nosotros, lo que deseamos de aquello es obtener “una visión teórica”, lo abordamos a partir de un punto de vista “teórico intelectual”; 2) el práctico, en el que el humano lo que

²²¹ Kandell, 2007:28

necesita es realizar alguna cosa útil a partir de aquello que está percibiendo; 3) el estético, el de quien contempla sin interés intelectual ni práctico y ante aquel ejercicio de contemplación despierta su sensibilidad. Observo que esos estados son dinámicos, no excluyentes y pueden conformar una especie de estado holístico en que suceden muchas cosas ante la senso-transdu-percepción y los procesos subsecuentes a ella. Sin embargo, enfocarnos en la idea del estado estético de Kainz, e incluso a partir de los postulado por Baumgarten sobre la estética como “aquella ciencia que estudia el conocimiento sensible (...)²²²; nos ayuda a comprender el objeto de estudio específico de la Neuroestética.

He comenzado definiendo a la Neuroestética y su surgimiento en épocas relativamente recientes; pero dentro de los linderos del Arte, nos encontramos con múltiples ejemplos a lo largo de la historia de humanos que trabajaron próximos a lo neuronal, aunque no necesariamente desde la investigación del fenómeno, algunos probablemente de forma intuitiva y otros reconociendo los conocimientos médicos existentes en su tiempo; ha habido personajes que nos dejan momentos relevantes de procesos artísticos que entran al territorio de la relación entre lo neuronal y el arte. Hablemos por ejemplo de William Shakespeare y lo que considero su tratado sobre el enamoramiento, *Romeo y Julieta*. No digo que quien escribió este texto, dado que no sabemos con certeza quién fue Shakespeare, lo

²²² Baumgarten, *Æsthetica*

haya hecho con esta intención, lo probable es que se trata sólo de mi interpretación compuesta por el texto y por mi ser yo, sin embargo no puedo dejar de pensar que Shakespeare se aproxima a la química cerebral utilizando de forma metafórica a la diminuta Reina Maab que se introduce con delicadeza en las mentes de quienes duermen:

(...) la reina Maab,
la partera de las hadas.
Su cuerpo es tan menudo
 cual piedra de ágata
en el anillo de un regidor.
Sobre la nariz de los durmientes
 seres diminutos tiran de su carro,
que es una cáscara vacía de avellana
y está hecho por la ardilla carpintera o la oruga Patas de araña
 zanquilarga son los radios, alas de saltamontes la capota;
 los tirantes, de la más fina telaraña;
la collera, de reflejos lunares sobre el agua; la fusta, de hueso de
 grillo;
 la tralla, de hebra;
el cochero, un mosquito vestido de gris,
 menos de la mitad que un gusanito
sacado del dedo holgazán de una muchacha.
 Y con tal pompa
recorre en la noche cerebros de amantes
 y les hace soñar el amor,
 rodillas de cortesanos
y les hace soñar reverencias,
 dedos de abogados
y les hace soñar honorarios,
 labios de damas
y les hace soñar besos
 labios que suele ulcerar la colérica Mab,
pues su aliento está mancillado por los dulces.
A veces galopa sobre la nariz de un cortesano
y le hace soñar que huele alguna recompensa;
y a veces acude con un rabo de cerdo por diezmo
 y cosquillea en la nariz al cura dormido,
 que entonces sueña con otra parroquia.
A veces marcha sobre el cuello de un soldado
y le hace soñar con degüellos de extranjeros, brechas, emboscadas,
espadas españolas, tragos de a litro; y entonces le tamborilea en el
 oído,
lo que le asusta y despierta y él, sobresaltado, entona oraciones y
vuelve a dormirse.

Esta es la misma Maab que de noche
les trenza la crin a los caballos
y a las desgreñadas les emplasta mechones de pelo, que, desenredados,
traen desgracias.
Es la bruja que, cuando las mozas yacen boca arriba, las opriime y les
enseña a concebir
y a ser mujeres de peso(...)²²³

No soy la única que ha pensado sobre Shakespeare y el funcionamiento neuronal, el neurobiólogo Semir Zeki comenta:

(...) escribí sobre Shakespeare y Wagner de forma poco convencional, afirmando que eran dos grandes neurólogos ya que, << al menos sabían cómo poner a prueba la mente del hombre con técnicas como el lenguaje o la música y entendieron, quizá mejor que la mayoría, lo que ocurre en la mente humana>>. (...), ambos entendieron algo fundamental de la formación psicológica del hombre, y es que depende en última instancia de la organización neurológica del cerebro, incluso aunque estemos muy lejanos de conocerla con precisión.²²⁴

En esta probable sobre interpretación, podemos encontrar infinidad de ejemplos más de personajes que, si hubieran contado con la tecnología con la que contamos en la actualidad, habrían heredado enormes avances al conocimiento, incluso desde los territorios del Arte. Puede ser una interpretación insisto pero tampoco veo el por qué no podrían haber estado conscientemente interesados e impulsados por el funcionamiento neurobiológico del cuerpo humano considerando que la mayoría de ellos eran pensadores de alto nivel que se distinguieron y/o pasaron a la historia por actividades específicas, pero que mostraron interés por un amplio campo de áreas de conocimiento.

²²³ Shakespeare en Romeo y Julieta

²²⁴ Zeki, 2005:20

(...) Cézanne discernió vectores profundos sobre la elaboración de los escenarios visuales por parte del cerebro. Virginia Woolf se adentró con rigor en el enigma de la conciencia íntima y los atajos y fragmentos de la autopercepción, mientras que Gertrude Stein anticipaba también, con sutileza las formulaciones chomskianas sobre el lenguaje y Stravinsky atrapaba los elementos esenciales que permiten la adaptación acústica a los sonidos que percibimos bellos aunque de entrada resulten chocantes o irritantes.²²⁵

Como leímos en el tema anterior, la Neurociencia surge en un ejercicio de comunicación profunda entre distintos campos de conocimiento y niveles de estudio sobre la mente humana y su base neurobiológica; en ella se ha encontrado un lugar vasto de conocimiento sobre los fenómenos que suceden ante la creación y recepción de los objetos del Arte, fenómenos ligados a la Estética, aquella disciplina relevante para los humanos desde la antigüedad aunque se le llamó de este modo hasta que Alexander Gottlieb Baumgarthen (1714-1762) postuló el término.²²⁶

Igual que el interés por lo neuronal, la Estética no es algo novedoso sino parte de la historia de la humanidad en tanto que es parte de la naturaleza humana. Aunque Baumgarten no es reconocido por la

²²⁵ Tobeña (2010) en González, 2016:104

²²⁶ Hacer una delimitación conceptual de la estética desde un horizonte metódico supone apostar por una modernidad sobre la que hay disparidad de concepciones. Efectivamente, ha sido muchas veces objeto de controversia si la estética se ha de considerar como disciplina antigua o moderna, si vino al mundo en el siglo XVIII o se formó en la antigüedad greco-romana. Como ya he señalado, Benedeto CROCE se coloca al lado de los que afirman su modernidad. Al comenzar su historia de la estética en la antigüedad grecorromana, tiene el propósito de mostrar cómo precisamente no se encuentra en la antigüedad una conciencia refleja del conocimiento estético.

Sin embargo, no es corriente encontrar esta orientación en los estudios de estética. Los autores coinciden en señalar a BAUMGARTEN como su iniciador; pero, junto a esta afirmación, la práctica usual es comenzar la historia de la estética remontándose a los preludios del pensamiento clásico. Responde este modo de proceder a una orientación eminentemente temática, que obliga a retrotraer hasta la antigüedad el estudio de los problemas que habitualmente se engloban bajo la denominación de «estética». (Labrada, 1983:69)

filosofía como un pensador original, hay dos cosas que son relevantes sobre él para esta tesis, la primera es que acuñó el término.

El acuñamiento del término, derivado del griego *aisthesis*, había sido anticipado por él, siguiendo a Aristóteles en De anima y los estudios de R. Descartes (1596-1650) en el *Tratado de las pasiones* (1649), en su disertación para acceder a la libre docencia, presentada en la Facultad de Filosofía de la Universidad de Halle, bajo el título *Meditaciones filosóficas acerca del poema* (*Meditationes philosophicae de nonnullis ad poema pertinentibus*, 1735). Posteriormente, con la publicación de su *Æsthetica* en dos volúmenes, de 1750 y 1758, respectivamente, instala definitivamente el término en el ámbito de la filosofía, entendido como “aquella ciencia que estudia el conocimiento sensible o lógica de las facultades cognoscitivas inferiores” (Baumgarten, *Æsthetica*).²²⁷

Y la segunda su, aparentemente simple pero que puede llevar a lugares de pensamiento profundo, definición de la Estética como “aquella ciencia que estudia el conocimiento sensible...”. Este punto de vista sobre lo estético como el conocimiento relacionado con lo proveniente de la sensibilidad humana, encuentra en lo neuronal un campo vasto de investigación.

En el tema anterior, *Neurocultura*, inicié aseverando que “El sistema sensorial humano, en su devenir en el espacio-tiempo, ha generado una serie de producciones de distinta índole, vinculadas con las necesidades receptivas y expresivas, a nivel estético, de los individuos y el conocimiento que de ello se genera” y he hablado del Arte como un lenguaje que permite convertir lo contenido en el interior de quien lo crea, en piezas estéticas y/o conceptuales, materiales y sustanciales, que se configuran en el exterior de forma perceptible, permitiendo que

²²⁷ Chiuminatto, 2014

sean contempladas por otros; el cerebro es entonces creador de Arte y al mismo tiempo se nutre de él. El vínculo profundo entre Neurociencia y Arte ha existido desde la prehistoria, desde que el ser humano trataba de conocer y reconocer el mundo y a sí mismo.

Psychology of the arts has focused on the quality of experiences that explain why this behavior is demonstrated (Leder et al. 2004). In this vein, artworks in exhibitions represent an unquestioned aesthetic value to visitors, and promise exciting, enlightening, or uplifting experiences. This relates to the most-often assumed explanation of aesthetic behavior: that art deploys hedonic states of positive experiences of beauty, pleasure, or the sublime.²²⁸

Desde la mitad del siglo XX, Alvin Lucier indagaba en el uso de las frecuencias neuronales como impulso para generar música en vivo, mientras la Ciencia y la Tecnología avanzaban en la sofisticación de la electroencefalografía, desde la manera de aplicarla hasta la manera de registrarla. Resulta importante hablar de Lucier ahora, pues así como Ramachandran es pionero en la investigación del sistema visual y Zeki en la neuroestética, Lucier es pionero en la posibilidad de la creación artística a partir del movimiento generado por el funcionamiento neuronal dentro del cerebro.

Reconocer lo neuronal en el Arte, a través de la observación del funcionamiento neural, considerando a la mente en su cualidad enactiva y desde una perspectiva tanto descriptiva como experimental;

²²⁸ [La psicología de las artes se ha centrado en la calidad de las experiencias que explican por qué se manifiesta este comportamiento (Leder et al. 2004). En este sentido, las obras de arte en las exposiciones representan un valor estético incuestionable para los visitantes y prometen experiencias emocionantes, esclarecedoras o edificantes. Esto se relaciona con la explicación asumida con mayor frecuencia del comportamiento estético: que el arte despliega estados hedónicos de experiencias positivas de belleza, placer o lo sublime.] Leder, Gerger y Brieber, 2015:57

es una base de aproximación a la comprensión del proceso de comunicación estética entre el Arte y quien lo percibe.

The discipline²²⁹ merges empirical aesthetics with cognitive and affective neuroscience. Neuroaesthetics can take a descriptive or experimental form. Descriptive neuroaesthetics relies on observations that relate facts of the brain to aesthetic experiences. The claims are typically qualitative. Experimental neuroaesthetics, like any experimental science, produces data that are quantitative and vetted statistically. The approach tests hypotheses, predicts results, and invites replication or falsification. Humanist critics of neuroaesthetics typically target descriptive and not experimental neuroaesthetics, although experimental neuroaesthetics has been criticized when concentrated too narrowly on aesthetic responses to artworks.²³⁰

3.3. Experiencia y Comunicación Estética

La Estética, al estar vinculada con los fenómenos que suceden cuando algo que es contemplado se interioriza en el ser humano a través de los sistemas sensoriales, conlleva un proceso de acontecimientos que en conjunto se convierten en la experiencia estética y, desde el punto de vista neuronal, va desde el momento en que las señales son detectadas por las células receptoras, pasando por actividades internas de transmisión, transducción, procesamiento, percepción de información,

²²⁹ La Neuroestética

²³⁰ [La disciplina fusiona la estética empírica con la neurociencia cognitiva y afectiva. La neuroestética puede adoptar una forma descriptiva o experimental. La neuroestética descriptiva se basa en observaciones que relacionan hechos del cerebro con experiencias estéticas. Las afirmaciones son típicamente cualitativas. La neuroestética experimental, como cualquier ciencia experimental, produce datos cuantitativos y examinados estadísticamente. El enfoque prueba hipótesis, predice resultados e invita a la replicación o falsificación. Los críticos humanistas de la neuroestética generalmente se enfocan en la neuroestética descriptiva y no experimental, aunque la neuroestética experimental ha sido criticada cuando se concentra demasiado en las respuestas estéticas a las obras de arte.] Chatterjee y Vartanian, 2014:370

hasta llegar a la abstracción, el razonamiento y la expresión.²³¹

Chatterjee y Vartanian (2014) nos dicen que “las experiencias estéticas son estados emergentes que surgen de las interacciones entre los sistemas neuronales sensorio-motor, emoción-valoración y significado-conocimiento.” Aclarando que estos mecanismos no son exclusivos de las experiencias estéticas, lo que las convierte en eso tiene que ver con las interacciones entre estos sistemas y el contexto de los objetos valorados; una valoración que “se centre en los objetos más que en los resultados distingue las experiencias estéticas de otros encuentros evaluativos.” Esta postura está basada en modelos anteriores que postularon a la experiencia estética como resultado de un procesamiento de información por etapas y analizando cada componente de un objeto por separado, lo que dio pie a que la Neuroestética se base en el mapeo de las distintas estructuras y aspectos involucrados en el procesamiento de la información. Los

²³¹ The information-processing model developed by Leder and colleagues (2004), and Chatterjee's (2003) neuropsychological model are two examples of this. In both models, the aesthetic experience is defined as a sequence of and interaction between information processing stages (...). Chatterjee (2003) distinguished aesthetic decisions and emotional responses as outputs of his model. Both are the result of processing stages of early and intermediate vision, a representational domain, and are modulated through attention. Leder and colleagues (2004) model aims to explain similar outputs, aesthetic judgments and aesthetic emotions. It proposed five information-processing stages that explain how an aesthetic experience develops-from perception of an artwork to its interpretation and evaluation. Most of this model is concerned with processes that are not directly visible; they represent inner-states, and constitute what informally would be called thinking. [El modelo de procesamiento de información desarrollado por Leder y colegas (2004) y el modelo neuropsicológico de Chatterjee (2003), son dos ejemplos de esto. En ambos modelos, la experiencia estética se define como una secuencia e interacción entre etapas de procesamiento de información (...). Chatterjee (2003) distinguió las decisiones estéticas y las respuestas emocionales como resultados de su modelo. Ambos son el resultado de etapas de procesamiento de la visión temprana e intermedia, un dominio representacional, y se modulan a través de la atención. El modelo de Leder y colegas (2004) tiene como objetivo explicar resultados similares, juicios estéticos y emociones estéticas. Propuso cinco etapas de procesamiento de información que explican cómo se desarrolla una experiencia estética, desde la percepción de una obra de arte hasta su interpretación y evaluación. La mayor parte de este modelo se ocupa de procesos que no son directamente visibles; representan estados internos y constituyen lo que informalmente se llamaría *pensar*.] Leder, Gerger y Brieber, 2015:59

hallazgos de investigaciones neuroestéticas en las que se basan Chatterjee y Vartanian:

(...) confirmed the role of sensory-motor systems in automatic processing of elemental features of aesthetic objects (...). In addition, several regions of the emotion-valuation system of the brain contribute to aesthetic experience, including the orbitofrontal and medial frontal cortex, ventral striatum, anterior cingulate, and insula (...). Finally, the contribution of the meaning-knowledge system to aesthetic experience is evident from studies that manipulate the context under which stimuli are viewed, and is reflected by the modulations of activity within emotional and reward neural circuitry.²³²

Sin embargo Chatterjee y Vartanian (2014) advierten que no necesariamente todas las experiencias estéticas pasan por los tres sistemas, o no con la misma intensidad, algunas podrían no pasar por el sistema de las emociones, nos dicen que “las respuestas estéticas a las matemáticas parecen desprovistas de sensaciones” y que “de los tres sistemas, sabemos menos sobre la contribución del sistema de significado-conocimiento a las experiencias estéticas, en parte porque sus manifestaciones están ampliamente distribuidas por todo el cerebro y varía sustancialmente entre individuos, culturas y épocas históricas.”

Así, cuando tenemos una experiencia estética, de aquellos impulsos iniciales que eran partículas microscópicas e incomprensibles de manera consciente para el humano, pasamos a interpretaciones de la

²³² [confirmaron el papel de los sistemas sensoriomotores en el procesamiento automático de las características elementales de los objetos estéticos (...). Además, varias regiones del sistema de valoración de emociones del cerebro contribuyen a la experiencia estética, incluidas la corteza orbitofrontal y frontal medial, el cuerpo estriado ventral, el cíngulo anterior y la ínsula (...). Finalmente, la contribución del sistema significado-conocimiento a la experiencia estética es evidente a partir de estudios que manipulan el contexto bajo el cual se ven los estímulos, y se refleja en las modulaciones de la actividad dentro de los circuitos neuronales emocionales y de recompensa.] Chatterjee y Vartanian, 2014:371

realidad conformadas a partir de la conjugación de dichos impulsos y la información previa que guarda la memoria.

(...) an overall view of the findings suggests that the aesthetic experience of visual artworks is characterized by the activation of: sensorimotor areas; core emotional centres; and reward-related centres. In the present review, we discuss the functional relevance of these activations and propose that aesthetic experience is a multilevel process exceeding a purely visual analysis of artworks and relying upon visceromotor and somatomotor resonance in the beholder.²³³

De aquí se desprenden dos cosas importantes en el contexto general de la apreciación: la primera que lo que definimos como realidad es sólo la idea que nos es posible y en cierto sentido, que decidimos tener sobre la misma, lo que nos deja en un estadio de no saber cómo es la realidad; la Ciencia ha indagado en ella siempre a través de experimentos en los que muchas veces no es humanamente posible comprender los sucesos pero si los resultados de los mismos y a través también de la construcción de tecnología que permite convertir, trasladar, transducir, etcétera, ciertos elementos de la realidad que no están al alcance de la comprensión de nuestros límites físicos y sustanciales, en energía que sí podemos recibir y comprender; aunque hay grandes avances, al estar limitados por nuestro estadio corpóreo tridimensional, seguimos y tal vez seguiremos sin poder acceder a la comprensión total o certera de la realidad. La segunda cosa es que, al interpretar los impulsos que recibimos, les damos valores para poder

²³³ [...] una visión general de los hallazgos sugiere que la experiencia estética de las obras de arte visuales se caracteriza por la activación de: áreas sensomotoras; centros emocionales centrales y centros relacionados con recompensas. En la presente revisión, discutimos la relevancia funcional de estas activaciones y proponemos que la experiencia estética es un proceso multinivel, que excede el análisis puramente visual de las obras de arte y se basa en la resonancia visceromotora y somatomotora del espectador.] Di Dio y Gallese, 2009:

crear una especie de dialogo con ellos, dichos valores transitan entre lo objetivo y lo subjetivo.

Retomando la idea de los modelos de la experiencia estética, el siguiente diagrama aborda el de Leder y colegas, que parte desde la llegada de los estímulos hasta la evaluación, no sólo en su pureza de entrada sino en relación a todo lo que ha pasado con ellos durante su procesamiento. Las experiencias estéticas se van construyendo en tanto la información se interna y se realiza un análisis perceptual, se define si será desecharable o permanente, se hace una evaluación afectiva a partir de la memoria, la clasificación y una especie de masterización donde los elementos se conjugan y equilibran; todo pasa por respuestas emocionales y toma de decisiones que llevan a procesos cognitivos y afectivos. Esto no necesariamente suceden de modo lineal y no todas las experiencias estéticas tienen que pasar, o no con la misma intensidad, por cada fragmento del sistema

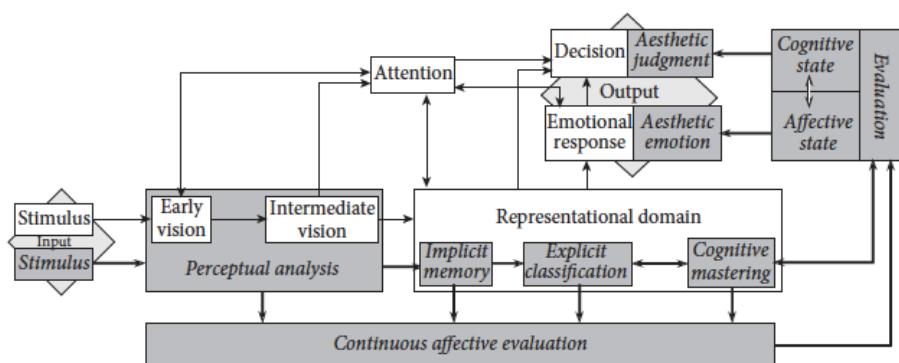


Fig. 14 Adaptación de Modelos de la Experiencia Estética de Vartanian y Nadal, 2007
(Recuperada de Leder, Gerger y Brieber, 2015:60)

Hemos hablado ya de que la Estética no es exclusiva del Arte, es parte del mundo y todo está sujeto a ser estetizado por el humano; sin embargo, además del filtro realizado por la naturaleza de nuestros sistemas sensoriales, discriminamos la información dado que la cantidad de estímulos que recibimos es enorme y no tenemos la capacidad ni la necesidad de procesarlos todos²³⁴. Pero aunque la Estética no es exclusiva del Arte, el Arte sí está determinado por la Estética dado que tiene una relación directa y consciente con la forma, el color, la textura y en general las cualidades físicas y sustanciales de las cosas. En términos estéticos esa valuación de información terminó por ser categorizada en maneras, aplicables a los humanos en general, de explicar a través del lenguaje, por un lado aquello que nos provocan las cosas cuando entramos en contacto con ellas, y por otro una posible descripción de las mismas al ponerles cualidades universalmente socializadas y encapsuladas en una palabra, a esto le llamamos categorías estéticas: lo bello, lo feo, lo sublime, lo grotesco, lo cómico y lo trágico.

Las categorías estéticas son determinaciones generales y esenciales del universo real que llamamos estético. La categoría estética más general... es justamente la categoría de lo estético. Y, sin embargo, siendo como es la más general, ha sido la menos tratada... a lo largo de la historia del pensamiento estético. Y es que... las reflexiones estéticas han girado, a lo largo de más de 20 siglos, en torno a lo bello, lo cual significaba reducir la categoría estética a otra... Lo bello es sólo una categoría particular entre otras (...).²³⁵

²³⁴ Si reflexionamos y nos ayudamos un poco de la imaginación, notaremos que estamos recibiendo miles de estímulos de distinta índole todo el tiempo y que somos capaces de ser conscientes sólo de unos cuantos de ellos

²³⁵ Sánchez Vázquez, 2005:10

Los humanos vamos pues teniendo experiencias estéticas constantemente y todo lo humanamente reconocible es susceptible de ser estéticamente categorizado: ¡esto es feo! ¡aquello es bello! ¡que experiencia grotesca acabo de tener! Buscamos la manera de expresar con palabras el cúmulo de cosas que pasan ante lo que percibimos, cómo no hacerlo cuando la Estética se convierte en otra de las maneras en que el humano puede establecer una relación con el universo.

Aesthetics refers to the ways in which humans describe nature or works of art as beautiful, ugly, or having qualities that should be appreciated. Value is clearly involved, but the nature of the value involved needs to be specified and considered carefully. The value is different from that involved in emotion, in that the value is not specifically biological adaptive (...). Instead, aesthetics is the investigation of judgements about nature and objects including art and architecture that are about their beauty, ugliness, etc. In this paper, I argue that underlying biological adaptive value may be one factor that influences very many judgements of aesthetic value.²³⁶

Sin embargo, en función a la relación objeto-sujeto estéticos, Adolfo Sánchez Vázquez, quien en parte de sus trabajos retomó la idea de los estados teórico, práctico y estético de Kainz, plantea que “el objeto no cumple una función estética todo el tiempo, ni el sujeto se comporta de forma estética siempre”, para que la relación suceda debe existir conciencia estética, que hace que tanto el sujeto como el objeto asuman las características estéticas (forma, color, textura y las sensaciones, emociones, sentimientos, pensamientos, etcétera que

²³⁶ [La estética se refiere a las formas en que los humanos describen la naturaleza o las obras de arte como bellas, feas o con cualidades que deben apreciarse. El valor está claramente involucrado, pero la naturaleza del valor involucrado debe especificarse y considerarse cuidadosamente. El valor es diferente del involucrado en la emoción, en que el valor no es un valor o utilidad adaptativo específicamente biológico (...). En cambio, la estética es la investigación de los juicios sobre la naturaleza y los objetos, incluidos el arte y la arquitectura, que se refieren a su belleza, fealdad, etc.] Rolls, 2017:124

generan al ser percibidas). Es decir, aunque la Estética es parte de todo, no es parte constante y permanente del pensamiento.²³⁷ Hay actividades que están más dispuestas para ser estetizadas que otras, el Arte es una de ellas, aún el más recargado en lo conceptual normalmente sigue estando detonado por un encuentro estético con un objeto, aunque éste no necesariamente tenga cualidades estéticas sofisticadas. Para Sanchez Vazquez es necesario tener “conciencia estética” para que las piezas materiales puedan ser recibidas por otros seres, como representación en el mundo externo del creador, de su mundo interno. Es decir, todo tiene estética pero no presentamos conciencia estética ante todo.²³⁸ Valdivia (2007) dice “Del placer sin concepto al placer con concepto se ha dado una modificación importante en la formulación teórica de lo artístico: la experiencia estética muestra la necesidad de la conciencia estética”.

La *comunicación estética*²³⁹ en el Arte sucede a partir de procesos de

²³⁷ Todos vivimos en ciertos momentos de nuestras vidas, en una situación estética... Ante la flor que se obsequia, el vestido que se elige, el rostro que cautiva, o la canción que nos place, vivimos esa relación peculiar con el objeto: la situación estética... El círculo de los que tienen un cierto trato con el universo estético y, en particular, con la producción artística, rebasa con mucho el de un círculo específicamente teórico o académico. Es un círculo que comprende no sólo al contemplador ingenuo o culto, espontáneo o reflexivo, sino también al artista, al crítico, al historiador, al investigador, y, por supuesto, al docente en esta materia. (Sánchez Vázquez, 2005:1)

²³⁸ Pero al ser conscientes estamos un paso más allá de la sensibilidad estamos en el orbe de la conciencia. Y aunque podemos tener experiencia de la conciencia, es realmente en la conciencia de la conciencia donde reside nuestra identidad histórica. Al ser autoconscientes nos alejamos de la experiencia artística inmediata y nos reconocemos como sujetos únicos a la que invoca aquel objeto artístico. Por eso afirma Hegel que el arte ha muerto: ya no es posible la experiencia estética sin la mediación conceptual. (Valdivia, 2007:11)

²³⁹ En los procesos artísticos, la comunicación estética tiene lugar a partir de dos dimensiones diferentes: la dimensión de la creación (el proceso de creación del arte) y la dimensión de la recepción (el proceso de la recepción del arte). La primera involucra al artista y la segunda al público, pero ambas, a pesar de sus diferencias, guardan relación común en tanto tienen lugar a partir de la experiencia estética (...). (Romeu, 2010)

la mente, que es mente y es cada elemento del cuerpo enactuando entre lo intra y lo extrapersonal, entre lo consciente y lo inconsciente, entre lo disciplinar y lo transdisciplinar, entre lo objetivo lo subjetivo, Romeu (2010) habla de la comunicación estética como “un tipo de comunicación mediada de tipo intrapersonal (...)” que tiene lugar a partir de “la experiencia estética, que es definida como una experiencia “especial”, sensible y cognitiva que posibilita el diálogo del sujeto consigo mismo”²⁴⁰.

Tanto el medio ambiente como cada elemento y sistema funcional del ser, intervienen en actividades como la construcción de significados, la apropiación de conocimientos, la configuración de poéticas personales o la *comunicación estética* posible entre la obra artística y quien la vivencia.²⁴¹

En el terreno del *Arte Neuronal*, la *comunicación estética* toma un puesto especial pues los creadores se han adentrado en la posibilidad de que los procesos energéticos implicados en el funcionamiento neuronal sean los que impulsen la creación y la recepción de Arte, en

²⁴⁰ Romeu, 2010

²⁴¹ La percepción no es una simple recepción de información; mas bien comporta una interpretación, la cual cambia frecuentemente de acuerdo con el contexto. (...) Locke y los empiristas tenían razón al sugerir que la percepción está educada por la experiencia. Se debería entender esto como una percepción enriquecida por la experiencia y por modos habituales de experientiar cosas en vez de como un caso de percepción más pensamiento. (...) La percepción es ya significativa, y puede ser incluso enriquecida por las circunstancias y posibilidades de mi existencia corporizada. El fenomenólogo diría que la experiencia perceptiva está integrada en contextos que son pragmáticos, sociales y culturales, y que gran parte del trabajo semántico (la formación del contenido perceptivo) se ve facilitado por los objetos, situaciones estructuradas y eventos con los que me encuentro. (...) construido. Consecuentemente, mi experiencia perceptiva está informada por las capacidades y habilidades corporales que poseo. Es usual decir que la percepción tiene contenido representacional o conceptual. (Gallagher y Zahavi, 2013:30)

algunos casos incluso abriendo canales de comunicación entre la obra y quien la percibe.

3.4. Expansión perceptual y tecnológica

El *Arte Neuronal* no nada más tiene que ver con lo que sucede en el *sistema nervioso* o en la mente, sino con lo que sucede en todo el proceso dinámico de sensación, transducción y percepción por medio de, desde los biosensores de los sistemas sensoriales, hasta su interpretación y las consecuencias que ésta tiene en los estados mentales y de conciencia, medidos a través de sistemas neuronales. Es decir, la actividad específica de núcleos neuronales o de zonas identificadas del encéfalo, en este caso, cuando experimentamos el Arte.

Una hipótesis de esta tesis es que el *Arte Neuronal* implica, entre otras cosas, estados mentales o de conciencia inducidos a través de estímulos energéticos proporcionados por la pieza artística, generando experiencias vivenciales profundas al provocar formas no cotidianas de comportamiento neural, detectables a través de impulsos electromagnéticos, específicamente con los cambios en el comportamiento de las frecuencias neurales al estar y al no estar expuestos a la pieza artística. Esto nos pone de vuelta en la importancia de la electricidad.

La electricidad, un término de finales del siglo XVI (posiblemente creado por William Gilbert, el padre del electromagnetismo) del latín

electricus que significa "como amarillo"²⁴² (...). No fue hasta mediados del siglo XIX, con las aportaciones de Faraday y posteriormente con la síntesis de Maxwell en su teoría sobre el electromagnetismo, que este campo de la física revolucionó la vida contemporánea. Pero antes de Maxwell, es de justicia nombrar a dos grandes personajes italianos del siglo XVIII, Luigi Galvani (médico, fisiólogo y físico) y Alessandro Volta (físico), que llevaron el tema eléctrico a los tejidos vivos, y comenzaron el campo del bioelectromagnetismo; que años después llamaríamos neurofisiología, gracias a Carlo Matteucci y Emil du Bois Reymond. Del bioelectromagnetismo, Hermann von Helmholtz sería su primogénito y más grande figura.²⁴³

Tecnológicamente hablando, la forma mas razonable de poder medir las frecuencias a la que nos referimos, es a través de pequeños sensores que conocemos como electrodos y que son capaces de detectar variaciones electromagnéticas en comportamientos de cuerpos en general; sin embargo esas variaciones y la velocidad de los pulsos electromagnéticos en el cerebro son muy pequeñas, de manera que los electrodos tienen que ser extraordinariamente sensibles; en la antigüedad tecnológica tendrían que haberse conectado a través de agujas insertadas en el cráneo para llegar hasta el cerebro a las regiones que se deseaban explorar. Hoy en día el desarrollo tecnológico permite la existencia de dispositivos que se conocen como electrodos secos; electrodos que ni son agujas clavadas en el cerebro, ni utilizan gel conductor que usualmente permite una mayor transmisión de impulsos electromagnéticos.

Fue hasta 1875 que Richard Caton grabó por primera vez (en animales, más no se sabe con seguridad si también en sujetos

²⁴² La etimología mas certera que he encontrado sobre el significado de electricum no es “como amarillo” sino “ambarino”, lo cual es un detalle relevante pues más que sobre el color la palabra electricum está basada en las cualidades del ámbar como generador de electricidad.

²⁴³ Novo, Chacón y Barradas, 2005:1

humanos) actividad eléctrica cerebral, colocando dos electrodos y utilizando un galvanómetro, naciendo así la electroencefalografía; sin embargo, tuvo que pasar poco más de medio siglo, para que finalmente Hans Berger, durante la década de los 20's en su clásica publicación de 1929, diera las bases técnicas de la electroencefalografía moderna, convirtiéndose así en su progenitor (Niedermeyer, 2005).²⁴⁴

Los electrodos secos simplemente se colocan en ciertas regiones de la cabeza por encima de la piel, siendo capaces de detectar con exactitud, las variaciones en los comportamientos electromagnéticos de ciertas zonas neuronales. Esos comportamientos son pulsos y lo que se explora es a qué velocidad están sucediendo; esos pulsos, medidos en distintas zonas del cerebro, lo que normalmente se conoce como canal o parámetro, son capaces de indicar el estado del sujeto. Aunque la historia de la electroencefalografía inicia mucho antes, al que podemos considerar como en padre de la EEG es a Hans Berger, entendiendo a esta tecnología como “una manifestación de los ritmos del cerebro”²⁴⁵. En el siglo XVIII Luigi Galvani demostró la electricidad animal intrínseca, es decir electricidad que no es generada por las circunstancias o elementos externos al animal, aunque su trabajo nos fue tan popular, hubo muchos otros a lo largo de la historia que avanzaron en su descubrimiento: Luigi Giovanni Aldini, Frederick Von Humboldt y Carlo Matteucci quienes en años posteriores demostraron el descubrimiento de Galvani; Richard Caton que realizó las primeras descripciones sobre la existencia de actividad eléctrica en el cerebro.

²⁴⁴ Novo, Chacón y Barradas, 2005:1

²⁴⁵ Palacios, 2002:104

El científico inglés sostuvo la hipótesis de que los estímulos periféricos podían evocar respuestas eléctricas cerebrales focales (...). En su histórica publicación sobre actividad eléctrica cerebral en el British Medical Journal en 1875, comparó su trabajo con el que había realizado algunos años antes un neurocirujano inglés, David Ferrier. Dicho estudio también demostraba en perros respuestas motoras discretas y locales, después de estimulación cortical. Reviste gran importancia el hecho de que en esta publicación Caton fue el primero en observar la actividad eléctrica cerebral, continua y espontánea. Se refirió a “corrientes eléctricas en la sustancia gris”.²⁴⁶

También están Edouard Hitzig y Gustav Theodor Fritsch que influenciaron a Caton al haber encontrado evidencia de respuestas motoras luego de la estimulación eléctrica en cerebros de perros. Emil du Bois Raymond, que en su libro *Investigaciones sobre la electricidad animal*, volumen 2, hizo una descripción completa sobre el registro de potenciales del músculo sobre la piel, y estableció las bases de la electromiografía (EMG), el registro mediante una aguja de la actividad eléctrica muscular, en algunos casos poco frecuentes se utiliza electrodos superficiales en lugar de agujas. A inicios del S. XIX Pavel Kaufman (1912) y Pradvich Neminski (1913) realizaron experimentos también con perros y establecieron que los potenciales eléctricos cerebrales se pueden recoger a través del cráneo con electrodos colocados sobre la corteza cerebral y realizaron los primeros registros fotográficos del fenómeno. Por otro lado, Kaufman describió dos períodos bioeléctricos en el momento de la anestesia a los que definió como fase de excitación y fase de depresión, a partir de lo cual Neminski describió por primera vez los distintos ritmos cerebrales en un perro a partir de su frecuencia “(10 a 15, 20 a 32

²⁴⁶ Palacios, 2002:105

ciclos por segundo) bautizando dichas oscilaciones con el término “electrocerebrograma”²⁴⁷

Sin dejar de considerar la relevancia de los aportes de todos estos investigadores a la tecnología EEG, debemos volver a Hans Berger, quien dedicó su vida a realizar cientos de experimentos para observar la actividad eléctrica en el cerebro.

Desde muy temprano²⁴⁸ quiso estudiar las relaciones entre los procesos materiales y los procesos cerebrales. Estaba convencido de que la relación mente cuerpo no era tan distante, y que existían procesos que unían de manera muy cercana al uno con el otro. El resultado más importante de sus inquietudes y de los estudios que llevó a cabo fue el descubrimiento de electroencefalograma.²⁴⁹

Su primer registro lo realizó en un hombre de 17 años con un defecto en el cráneo, Palacios (2002) nos dice que al inicio pudo realizar sus mejores mediciones en cráneos con algún tipo de trauma o defecto, hasta que fue afinando su trabajo logrando recopilar información en cráneos normales. Su hijo Klaus fue el cuerpo de sus primeros experimentos con electrodos colocados de modo externo en la zona craneal²⁵⁰, realizó decenas de registros con él entre sus 15 y 17 años de edad, fueron los primeros que Berger publicó aunque dejó pasar

²⁴⁷ Palacios, 2002:105

²⁴⁸ Berger

²⁴⁹ Palacios, 2002:105-106

²⁵⁰ Utilizó diferentes tipos de electrodos (agujas de zinc, de platino, de plomo y de otros materiales) colocados en o sobre el cuero cabelludo. Los mejores resultados fueron obtenidos cuando se fijaban en la frente y en el occipucio. Para realizar registro electroencefalográfico en humanos, utilizaba electrodos de aguja y un galvanómetro de cuerda con un espejo en el que se reflejaba luz que a su vez permitía la exposición de papel fotográfico de bromuro de plata que se movía a 3 cm por segundo (la misma velocidad que utilizamos hoy en día). Durante los siguientes años acumuló varios registros electroencefalográficos de individuos con cráneos intactos, incluyendo 73 trazos de su hijo Klaus. (Molina, 2009:5)

muchos años antes de hacerlo, probablemente para lograr obtener evidencia sólida.

Sólo entonces, en 1929 sometió a publicación su histórico artículo. Entre dicho año y 1938 se publicó en los “Archiv Fur Psychiatric Und Nerven Kranheiten” una serie de trabajos de este autor en los cuales se efectúan las primeras descripciones de los ritmos cerebrales humanos y sus modificaciones en condiciones fisiológicas y patológicas. Berger bautizó a sus registros con el nombre de Electroencefalograma (que reemplazó al de electrocerebrograma ideado por Neminski ya que está compuesto por dos raíces griegas en lugar de una griega y otra latina).²⁵¹

Así la electroencefalografía (EEG), que ha ido evolucionando desde que se utilizaba el galvanómetro con aplicaciones iniciales en el registro de señales cardíacas, hasta que se fue perfeccionando con la implementación de transistores que permitieron manejar la información de modo digital; la EEG mide, mediante electrodos, el cambio de comportamiento en la frecuencia en la que los impulsos funcionan a través de una serie de canales o parámetros específicos, que tienen que ver con los estados relacionados con el lóbulo frontal y además, aunque no es definitorio en su totalidad, en gran medida rigen el estado de conciencia en cuanto a lucidez o estado onírico. Con esto se puede medir estados de frecuencia que en la clasificación generalmente utilizada van de lo que nombramos frecuencia theta hasta frecuencia gamma y se mide en hertz, es decir, ciclos por segundo.²⁵²

²⁵¹ Molina, 2009:5

²⁵² Es la clasificación de las frecuencias más específica que he encontrado, sin embargo esta varía en las distintas fuentes de información.

FRECUENCIA	OSCILA ENTRE	ASOCIADA CON ESTADOS DE
Delta	0 y 2 hz	Dormir sin soñar, sueño profundo
Theta	3 y 7 hz	Soñar, relajarse, conectar con la mente profunda
Alpha	8 y 13 hz	Ritmo de quietud, con conciencia pero sin estrés ni sobrepensamiento
Ritmo Sensoriomotriz (RSM)	13 y 15 hz	Ritmo de quietud, con conciencia pero sin estrés ni sobrepensamiento.
Beta	15 y 18 hz	Acción, trabajo y concentración
Gamma	40 y 100 hz	Altos niveles de estrés o cuando, partiendo de ondas alpha, se llega a estados de máxima concentración, de actividad superior de los grupos neuronales, de alta creatividad y asertividad

Tab. 8 Clasificación de frecuencias neurales

Ese rango está relacionado con diferentes comportamientos del individuo, eso se ha podido comprobar durante mucho tiempo de prueba y error mostrando que, por ejemplo, cuando tenemos una actividad automatizada nuestro cerebro genera más ciclos por segundo mientras que al tener una actividad de resolución de problemas empieza a disminuir la cantidad de ciclos aumentando su amplitud. Por ejemplo, cuando dormimos tenemos, durante los ciclos REM, una altísima capacidad de creación a nivel neuronal, cuando estamos soñando estamos creando el sueño a medida que lo vivimos (valga la expresión); la creación del sueño es altamente compleja, si recordamos los sueños nos daremos cuenta que están llenos de detalles, texturas, sonidos, colores, olores, etcétera, son mucho más que sólo imágenes estáticas, son experiencias completas con una enorme cantidad de

información que surge en la medida en que navegamos en ellos. En ese momento del sueño, el estado de cuando menos el lóbulo frontal del cerebro, se encuentra atenuado en cuanto a su actividad conformada, no exclusivamente pero sí de forma importante, por la voluntad, la autocensura y la censura o prejuicio social. Alejándose de eso, el cerebro actúa conectando grandes redes neuronales para generar una dinámica de creación, curiosamente mientras todo eso sucede es cuando posiblemente menos cantidad de impulsos electromagnéticos se pueden detectar; ello es un estado similar, no igual, al de la meditación trascendental, el no ruido mental, el estado zen y/o, desde la neurología, el estado de movimiento rápido de los ojos que delata, fisiológicamente, que algo está aconteciendo en el cerebro.

Si analizamos, en tanto el estado de sueño, la tecnología del electroencefalograma que proporciona la medición y graficación de los campos eléctricos en relación al encéfalo, nos damos cuenta que dichos campos son potentes pero lentos. Eso no tiene muchos sentido porque el sueño sucede a una velocidad vertiginosa, sabemos que mientras soñamos dos segundos, posiblemente en el sueño hayan pasado aproximadamente 20 o 30 minutos, lo que significa que hay una disrupción muy fuerte en cuanto a la percepción del tiempo entre el sueño y el estado de despierto.

A la tecnología basada en la electricidad para detectar la actividad neuronal, hay que sumar las posibilidades dadas por los equipos de

computo cada vez más portátiles-potentes y el software especializado, que nos permiten visualizar, proyectar y en general utilizar de modo perceptible externo al cuerpo, la actividad neuronal, a través de representaciones gráficas o procesos como la sonorización.

De entre los aparatos de EEG, en el Arte las diademas transcraneales han sido la tecnología más eficaz y utilizada. Los fundamentos son los mismos, sin embargo algunas empresas se encargaron de dar una configuración más relativamente fácil de usar. Mencionaré a dos empresas líderes en el ramo en los rangos de equipo utilizado en el Arte, más allá de ellas existen otras de grado médico y altamente costosas y existe la posibilidad de fabricar EEG por nuestra cuenta, sin embargo esto suena mucho mas noble de lo que es, en este caso se trata de una actividad nada fácil de realizar, sin embargo posible.

NeuroSky Technologies es una empresa líder en la fabricación de biosensores y software para analizar datos biométricos de modo práctico. Sus productos están basados en artefactos que permiten la obtención de la evidencia de las frecuencias neuronales, información que se puede utilizar para, a través de algoritmos biométricos, interpretar una serie de parámetros. Los procedimientos para llegar a obtener estos parámetros no son simples y *NeuroSky* abre la posibilidad de que los investigadores y desarrolladores apliquen la tecnología en lo que cada quien desee, sin embargo ellos han trabajado en algoritmos relacionados con:

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
ATENCIÓN	Su señal incrementa cuando el usuario se centra en una sola cosa y decrece cuando se distrae de ella.
MEDITACIÓN	Indica el nivel de calma y relajación mental
PARPADEO	Muestra la frecuencia e intensidad de este, correlacionándolo con estados como el nerviosismo o la fatiga.
ESFUERZO MENTAL	Muestra el esfuerzo mientras se realiza un tarea.
FAMILIARIDAD	Sigue los niveles de aprendizaje, comprensión y comodidad de una tarea.
APRECIACIÓN	Da evidencia el tiempo real del nivel de disfrute y apreciación ante algún estímulo externo.
ESPECTRO EMOCIONAL	Mezcla la intensidad y nivel de placer ante actividad emocional.
PLACER	Identifica si se está teniendo una emoción placentera o no.
INTENSIDAD	Muestra el nivel de intensidad de las emociones en tiempo real.
PREPARACIÓN COGNITIVA	Muestra la capacidad de las funciones cognitivas superiores.
CREATIVIDAD	Mide la actividad de onda vinculada con el pensamiento innovador y creativo.
ALERTA	Mide el nivel del estado de alerta en tiempo real, a partir del estado de concentración y el estado de relajado o distracción.

Tab. 9 Parámetros que se pueden obtener con el desarrollo de NeuroSky Technologies

Por su parte EMOTIV/EPOC ha trabajado consistentemente en la investigación de alto nivel con sus aparatos EEG, a este momento cuentan con EMOTIV INSIGTH de 5 canales, EMOTIV EPOC de 14 y SALINE SENSORS de 34 canales. Todos permiten la obtención de datos sin procesar y en alta calidad para ser utilizados a través del software que ellos mismos ofrecen o con el desarrollo de software personal. También trabajan en la posibilidad del entrenamiento mental a través de sus equipos, por ejemplo entrenamiento de PNL (Programación Neuro Lingüística).

The award-winning EMOTIV EPOC+ 14 channel mobile EEG is designed for scalable and contextual human brain research and advanced brain-computer interface applications and provides access to professional-grade brain data with a quick and easy to use design. Access high-quality raw EEG data with a PRO license or conduct research leveraging our detections for mental commands, performance metrics or facial expressions.²⁵³

La tecnología EEG puede ser utilizada en un amplio rango de actividades, desde lo que podemos considerar como un juego hasta investigaciones de alto nivel. En 2009 Mattel presentó el *Mid Flex* en el *Consumer Electronics Show*, una de las ferias de electrónica de consumo más importantes del mundo. Se trata de un juego en que, a través del control de tus ondas cerebrales manejas una pelota para pasarl por un circuito, si pierdes el control la pelota cae y sale del circuito. El jugador se coloca unos auriculares con sensores enfocados

²⁵³ [El galardonado EEG móvil de 14 canales EMOTIV EPOC+ está diseñado para la escalable y contextualizable investigación del cerebro humano y para aplicaciones avanzadas de interfaz cerebro-computadora, brinda acceso a datos cerebrales de nivel profesional con un diseño rápido y fácil de usar. Acceda a datos de alta calidad y sin procesar de EEG con la licencia PRO o realice investigaciones con nuestras detecciones para comandos mentales, métricas de rendimiento o expresiones faciales.] EMOTIV, 2022

en el estado de concentración. Por su parte la compañía Uncle Milton creó *The Force* junto a NeuroSky, basado en el universo Star Wars, también se trata de controlar una pelota con el poder de la mente. Estos “inofensivos” juegos, aunque permanecen en el mercado, parecen haber sido frenados por las implicaciones de que el común de la población se aproxime a tecnología relacionada con el control mental, pues se podrían conectar los sensores con los que trabajan directo a un algoritmo o interpretador que, al hacerle un hackeo, da acceso a la información del mismo modo que los aparatos más sofisticados antes mencionados y que no son considerados juegos. Este es un tema polémico, una pregunta frecuente que yo misma hice en algún momento a un neurocirujano funcional y que he escuchado de varias voces a lo largo de mi camino con estos temas, es sobre la posibilidad del control neural. En 1963 el neurocientífico español José Delgado realizó un polémico experimento a partir de su sistema de control sobre las funciones cerebrales, el *Stimociver*.

The integration of the three-channel units for radio stimulation and EEG telemetry constitutes the stimoceiver (stimulator and EEG receiver). Several tests were conducted to ensure proper electronic and biological operation, as explained later. The complete instrument, which weighs only 70g, can easily be taped onto the patient's head bandage (Figure 1). During part of her treatment, one patient wore a wig which covered her stimoceiver and all evidence of instrumentation.²⁵⁴

²⁵⁴ [La integración de las unidades de tres canales para radioestimulación y telemetría EEG constituye el stimoceiver (estimulador y receptor EEG). Se realizaron varias pruebas para asegurar el correcto funcionamiento electrónico y biológico, como se explica más adelante. El instrumento completo, que pesa solo 70 g, se puede pegar fácilmente al vendaje de la cabeza del paciente. Durante parte de su tratamiento, una paciente usó una peluca que cubría su stimoceiver y toda evidencia de instrumentación.] Delgado, 1968

Así, a través de un implante en el cerebro del toro del 250 kilogramos Lucero y un botón manejado por Delgado, que detonaba una descarga de corriente alterna, estos se pusieron frente a frente. José Delgado sabía poco sobre ser torero pero pensaba que era él quien debía asumir el peligro de su experimento. Cuando Lucero iba hacia el, Delgado presionó el botón y la corriente hizo desaparecer lo que el animal se detuviera y con una segunda descarga, Lucero se alejó tranquilamente. Los medios de comunicación en España estaban preocupados de que el experimento acabara con las corridas de toros y no le hicieron buena campaña pero Estados Unidos arropó a Delgado donde esté siguió con sus investigaciones realizando implantes en animales para hacer bostezar a monos, poner en modo de ataque a gatos, descubrir qué podía incidir en el habla, la amabilidad, la ansiedad, etcétera. El 17 de Mayo de 1975 el New York Times publicó:

The experiment, conducted last year in Cordoba, Spain, by Dr. Delgado of Yale University's School of Medicine, was probably the most spectacular demonstration ever performed of the deliberate modification of animal behavior through external control of the brain.

Dr. Delgado was trying to find out what makes brave bulls brave, just as other of his experiments have aimed at finding the biological basis for emotions, personality and behavior in man and other animals through electrical simulation of the brains.²⁵⁵

Hablar del control neural es entrar en un tema vasto y peligroso, que utilizado de manera positiva sería extraordinariamente útil pero de

²⁵⁵ [El experimento, realizado el año pasado en Córdoba, España, por el Dr. Delgado de la Facultad de Medicina de la Universidad de Yale, fue probablemente la demostración más espectacular jamás realizada de la modificación deliberada del comportamiento animal a través del control externo del cerebro.

El Dr. Delgado estaba tratando de averiguar qué es lo que hace que los toros bravos sean valientes, al igual que otros de sus experimentos han tenido como objetivo encontrar la base biológica de las emociones, la personalidad y el comportamiento del hombre y otros animales a través de la simulación eléctrica de los cerebros.] Osmundsen, 1965:1

manera negativa, devastador. Lo que nos interesa al respecto es observar ciertos momentos históricos del uso de la tecnología aplicada al comportamiento neuronal y reconocer que las obras del *Arte Neuronal* trabajan con esto, en la teórica y/o algunas aventurándose al territorio práctico.

3.5. Las obras de Arte Neuronal

Las obras del *Arte Neuronal* están recargadas en el uso de elementos tecnológicos que nos permiten acceder al funcionamiento neuronal humano y que posteriormente impulsan la creación de obra, ya sea utilizar la tecnología para recoger datos que sirvan para la configuración de las piezas artísticas, detectar elementos del funcionamiento neuronal que sirve como impulso de la obra creada en el momento en que esta se presenta o trabajar con detonadores que permiten que se active de algún modo particular el organismo del espectador de la obra; este último caso es probablemente el mas difícil y desconocido aún. Sumado al uso de la tecnología para detectar y promover la actividad neuronal, en general estas obras están poderosamente recargadas en los lenguajes del arte tradicionales, la mayoría de ellas en la música, la pintura y la instalación, sin embargo tienen una cualidad que las distingue y es que usan o están basadas, tanto para la creación como para la recepción, en el funcionamiento neuronal.

La creación artística involucra tanto a la idea que le da origen como a

los vehículos (artistas y espectadores) a través de los cuales se manifiesta la pieza, entendida como el objeto material de una obra artística que, en un aparente acto de conciencia del universo, hace uso o se vale de estos vehículos para existir. Hablemos entonces desde la creación y desde la recepción en torno al *Arte Neuronal*.

3.5.1. Categoría de la creación

Pensemos en la creatividad como el estado que genera la creación, entendiendo a ésta como la ruptura de la homogeneidad o la homologación, un momento en que el creador llega en un punto sensible a anomalías de la realidad y es capaz de notarlas para crear soluciones, construcciones, ideas, respuestas, piezas artísticas... ante estar frente a una nueva versión de la realidad. El ser humano creador detecta dichas anomalías, así como nota la normalidad, a través de los sistemas sensoriales, y la sinapsis se convierte en el medio por el cual puede crear, previo procesamiento de la información recibida.

(...) las manifestaciones de la creatividad en la humanidad no son sólo similares a los procesos creativos de la naturaleza sino que son del mismo carácter intrínseco que las fuerzas creativas del universo.

El ser humano se halla, pues, en una posición única para percibir el dinamismo y el movimiento del mundo que le rodea, a la vez que puede reconocer, en el medio a través del cual dicha percepción tiene lugar -la propia mente- un orden equivalente al de la creatividad, que participa muy de cerca con el mundo al que observa.²⁵⁶

El proceso creativo para el humano no se trata de inventar de la nada, sino de ser capaz de ir más allá de las fronteras que lo rodean y que,

²⁵⁶ Bohm, 2002

siendo fiel a la creatividad, debería ver como límites que puede traspasar con conciencia de auto preservación pero sin dejar de ir a lo desconocido para generar nuevo conocimiento.

La creatividad está ineludiblemente vinculado con la senso-transducción, si asumimos a la “comprensión” de la realidad a partir de versiones personales en las que más que reconocerla la inducimos tratando de acoplarla de la manera que consideramos la mejor para nuestro yo vivo. Así, aquello que percibamos nos conformará y será base de la manera en que enfrentemos el estado creativo, imaginemos al creador como un vehículo creativo que crea (valga las redundancias) auto-utilizándose como herramienta de creación, digamos que, las cualidades de dicha herramienta incidirán en lo creado y sobre todo en el modo en que lo creado es expresado por el creador.²⁵⁷

²⁵⁷ (...) I have reviewed the results of three neuroimaging studies on the brain bases of creative production in the domains of drawing, writing, and musical performance. (...) there is a great degree of domain specificity in the observed patterns of activation. For example, creative generation in the domain of drawing what is reflected in activation in the MTL (Ellami et al. 2012), whereas creative writing was associated with wide-spread activation in regions that underlie language (Shah et al. 2013), and creative jazz improvisation activated the motor and sensorimotor regions particularly strongly (Limb and Braun 2008). This activations can be broadly understood as context effects (...). However, it is important to note that in each case the observed activations might also reflect all the processes. For example, in relation to the activity observed in the motor regions during jazz improvisation, Limb and Braun (2008) noted that “rather than reflecting an increase in motor activity per se, this activations may be associated with encoding an implementation of novel motor programs than characterize spontaneous improvisation”. [...] he revisado los resultados de tres estudios de neuroimagen sobre las bases cerebrales de la producción creativa en los dominios del dibujo, la escritura y la interpretación musical. (...) existe un alto grado de especificidad de dominio en los patrones de activación observados. Por ejemplo, la generación creativa en el dominio del dibujo se refleja en la activación en su MTL (Ellami et al. 2012), mientras que la escritura creativa se asoció con una activación generalizada en regiones que subyacen al lenguaje (Shah et al. 2013), y la improvisación creativa del jazz activó las regiones motora y sensoriomotora de manera particularmente fuerte (Limb y Braun 2008). Estas activaciones pueden entenderse en términos generales como efectos de contexto (...). Sin embargo, es importante señalar que en cada caso las activaciones observadas también pueden reflejar todos los procesos. Por ejemplo, en relación con la actividad observada en las regiones motoras durante la improvisación de jazz, Limb y Braun (2008) señalaron que “en lugar de reflejar un aumento en la actividad motora per se, estas activaciones pueden estar asociadas con la codificación de una implementación de nuevos programas motores que caracterizan la improvisación espontánea”.] (Vartanian, 2015:175)

Hemos hablado de la relevancia del conocimiento sobre neuroplasticidad y neurogénesis y mencionado que nuestras neuronas están un proceso creativo constante más allá de nuestro control, readaptándose todo el tiempo, entonces ¿por qué entonces no somos esos seres de creatividad constante de manera significativa respecto a nuestro comportamiento? De ahí la importancia del comportamiento, si el humano modifica su cerebro para que esté atento, tal vez exponencialmente, a las anomalías que se le presentan y luego trabaja de forma disciplinada para apropiarse de las habilidades que le pueden permitir hacer cosas, es decir: para danzar no basta con la intención, hay que danzar (no entrará ahora en el terreno de los parámetros estéticos de dicho danzar y este ejemplo se puede aplicar a cualquier actividad), entonces podríamos pensar que el ser humano es un potencial creativo constante.

La creación en el *Arte Neuronal* requiere de ciertas cualidades e intereses del creador, por supuesto el interés por el tema, apropiarse de los conocimientos teóricos que le permitan crear algo consistente y el correcto uso de la tecnología requerida.

En cuanto al interés y al apropiarse de los conocimientos teóricos pertinentes, encuentro muchos fenómenos creativos en torno a lo neuronal que parecen responder a “modas” culturales sin los ingredientes antes mencionados por parte de los creadores, no quisiera cuestionar el interés legítimo de las personas por los temas que dicen

interesarles, pero he visto muchos procesos donde lo neuronal no es más que discurso, en algunos casos no más que unas cuantas palabras relacionadas con el tema, reitero que a este tipo de piezas no las considero *Arte Neuronal*, he tratado de hacer una indagación de obras donde no se trata sólo de palabras temáticas sobrepuertas a un objeto cualquiera.

En cuanto al correcto uso de la tecnología, es un tema que hay que observar, podemos pensar que apretar un botón de encendido basta pero, desde saber que la tecnología que nos permite hacer ciertas cosas existe hasta el que funcionó en el momento indicado, pasando por contar con los recursos para adquirirla y aprender a usarla, el camino puede ser largo y no necesariamente fácil. Usualmente se trata de instrumentos tecnológicos no aplicados a la vida cotidiana, por lo tanto no se pueden encontrar en la tienda de la esquina, además, como toda tecnología está sujeta al error, de sí misma y con frecuencia del humano que la maneja; la tecnología tiene un margen de error, no es infalible ante la incertidumbre y el devenir de las cosas a las que se enfrenta; sé de cierto proyecto escénico que incluía el uso de halos neuronales en vivo, aun habiendo hecho las pruebas pertinentes, después de los costos de conseguir el equipo, no pudieron echarlo a andar en el momento indicado y todo el esfuerzo culminó en que el acto no sucedió.

Como todas las actividades humanas, el *Arte Neuronal* requiere y/o va

moldeando, un tipo específico de creador, uno que cuenta con las inquietudes y habilidades que le permiten aproximarse a la creación artística a través del conocimiento neuronal. Entendiendo que el ser humano, debido a sus capacidades sensoriales en contraste a sus capacidades cerebrales, se encuentra restringido a tan sólo un fragmento de lo que sucede en su entorno y con ello construye a partir de su experiencia, una versión de lo que llama realidad; sería bueno que como individuos, construyéramos la mejor versión posible de esa realidad con los elementos que tenemos disponibles, incluida la tecnología; el arte frecuentemente trata de hacer eso y he ahí una de sus mayores utilidades, no la de embellecer el mundo sino la de proveernos de una realidad más sensible, pero este es otro tema, sólo un comentario que no pude evitar.

3.5.2. Categoría de la percepción

El *Arte Neuronal* también tiene sus particularidades en cuanto a aquellos que lo perciben, que lo habitan, al configurarse como un terreno donde estos habitantes son impulsados por la obra a:

- Percibirla a nivel neuronal de manera más potente de lo común o a que su funcionamiento neuronal sea protagonista de esa obra.
- En muchos casos a entrar en un franco proceso de comunicación con la obra a nivel neuronal.
- Percibir obra que le muestra el funcionamiento neuronal de los creadores o de otros humanos.

Todas las obras de arte son senso-transdu-percibidas, la diferencia respecto a las obras de *Arte Neuronal* es que estas trabajan con el funcionamiento neuronal de modo consciente y potente, es uno de sus fundamentos creativos.

Desde la llamada *Teoría de la Recepción*, nos interesa lo que Dietrich Rall²⁵⁸ plantea como “el problema de la relación comunicativa entre el sujeto y el objeto(...)” que deviene en estudiar el diálogo entre la obra y el receptor”. En general la *Teoría de la Recepción* fue concebida y está basada en la literatura pero algunas líneas de pensamiento se pueden aplicar, como hipótesis de comprobación en otros territorios, a procesos artísticos interdisciplinarios. En este sentido me atrevería a hablar a futuro de una teoría de la “recepción” senso-transdu-perceptiva, donde el receptor es un perceptor, una teoría que explique el fenómeno de la percepción de una obra en tanto el proceso neuronal de quién percibe y no en tanto al significado de lo percibido, que parece ser el objetivo fundamental de quienes se circunscriben a la *Teoría de la Recepción*.

Aunado a la *percepción*, retomemos la idea de la *comunicación estética* que surge por su conceptualización vinculada con los procesos intrapersonales, su devenir de la experiencia estética y su relación con lo que Schiller llamó estado estético del hombre.

²⁵⁸ Rall, 1981

Kant había establecido una especie de abismo insalvable entre el mundo de los sentidos y el del pensamiento, pero el hombre vive en uno y otro mundo ¿cómo saltar de los sentidos y de la materia al plano de la forma y del pensamiento? ¿cómo salvar ese abismo o superar la contradicción entre un mundo y otro? Tal es la cuestión que se plantea Schiller. La respuesta trata de hallarla al afirmar que hay un estado intermedio del hombre, el estético, en el que se sustraer al imperio de los sentidos y al de la razón. En el estado estético el hombre es libre, ya que no se halla determinado ni material ni espiritualmente.²⁵⁹

Y cuando hablamos de comunicación estética, más allá de observar a quien percibe la obra como un receptor pasivo, el artista Antonio Isaac, creador de *Oraculum*, habla de *habitantes*, aquellos que entran en un estado de comunicación estética con la pieza generando una especie de simbiosis sensorial en la que se retroalimentan para llevar a la obra a una dimensión en la que existe como algo vivo, senso-transdu-perceptivo y por ende enactivo; dejan de ser sólo perceptores y se convierten en “resonadores activos”.

He de anticiparme a la suposición de que cuando se habla del *habitante* de la obra y el proceso comunicativo que encarna con ella, estoy hablando de empatía; esta anticipación dada mi experiencia de muchas ocasiones en que las personas de inmediato hablan de empatía sin que yo la haya mencionado, cuando hablo de este tema. Me remitiré a estas palabras de Di Dio y Gallese (2009).

It has been recently proposed that a crucial element of aesthetic experience of artworks consists of the activation of the embodied simulation of actions, emotions, and corporeal sensations, and that these mechanisms are universal. This proposal challenges more

²⁵⁹ Sánchez Vázquez, 1997:

standard accounts of aesthetic experience privileging the primacy of cognition in our responses to art. This hypothesis, echoing historical views put forward, among others, by the phenomenological tradition in philosophy, stresses the empathic nature of the relationship automatically established between artworks and beholders, and capitalizes upon the discovery of the mirror mechanism.²⁶⁰

Ellos abordan esta idea desde la visión encarnada de la experiencia estética a partir de la empatía, por un lado desde “la relación entre los sentimientos empáticos impulsados por la simulación encarnada en el observador y el contenido representacional (acciones, intenciones, objetos, emociones y sensaciones retratadas en una determinada pintura o escultura)²⁶¹” y por otro “la relación entre los sentimientos empáticos impulsados por la simulación encarnada en el observador, y las huellas visibles de los gestos creativos del artista (modelado vigoroso en arcilla o pintura, pinceladas y signos del movimiento de la mano del artista)²⁶².

En este sentido, la idea de *habitante* no niega a la empatía, de hecho el *Arte Neural* de Antonio Isaac la observa cuando al hablar de la inmaterialidad de la obra habla de la empatía real, pero una que requeriría capacidades que no hemos desarrollado a conciencia. Cuando habla de *habitar* la obra tiene que ver más con la *resonancia*

²⁶⁰ [Recientemente se ha propuesto que un elemento crucial de la experiencia estética de las obras de arte consiste en la activación de la simulación encarnada de acciones, emociones y sensaciones corporales, y que estos mecanismos son universales. Esta propuesta desafía las explicaciones más estándar de la experiencia estética que privilegian la primacía de la cognición en nuestras respuestas al arte. Esta hipótesis, que se hace eco de visiones históricas defendidas, entre otros, por la tradición fenomenológica en filosofía, subraya la naturaleza empática de la relación que se establece automáticamente entre las obras de arte y los espectadores, y capitaliza el descubrimiento del mecanismo del espejo.] Di Dio y Gallese, 2009:683

²⁶¹ Di Dio y Gallese, 2009:683

²⁶² Di Dio y Gallese, 2009:683

física de vibración de las cavidades del cuerpo humano, cuerpo que se convierte en una entidad que inyecta energía eléctrica a la pieza y entonces comienza ese diálogo resonante y comunicativo. El *habitante* de la obra es en realidad un cuerpo que la interfiere, pensemos en la idea cuántica de que el simple hecho de observar una molécula la modifica, el observador interfiere al objeto que está siendo observado; pensemos en el famoso gato de Schrodinger que está vivo y muerto a la vez, cuando el *habitante* interfiere la caja y la abre, determina si el gato está vivo o muerto; así cuando el *habitante* de la obra de arte la habita, la determina y resuena con ella. Los *habitantes* de una obra de *Arte Neuronal* se vuelven pues esos "resonadores activos" y ahí se entra en un territorio de vulnerabilidad, sobretodo ante uno mismo pues ya no sólo se trata de observar desde allá a distancia de la obra, claro que podríamos quedarnos ahí, nadie está obligado a participar como *habitante* de una obra de arte y aclaro que no tiene que ver con el menosprecio a la idea de receptores y/o espectadores, simplemente es que he podido notar que la experiencia sensorial potente sucede cuando las obras que son percibidas se habitan. Esta es otra de esas cosas no exclusivas del *Arte Neuronal*, cuando logras ese proceso de comunicación estética con cualquier obra es cuando se vuelve altamente significativa, sin embargo compete a esta investigación notar que observamos una importante tendencia a promover que quienes senso-transdu-perciben las obras del *Arte Neuronal* entren en un estado que corresponde más a la idea de *habitantes-perceptores* que a la de *receptores-espectadores*.

Esta cualidad no es exclusiva de las obras del *Arte Neuronal* sin embargo sí es un hecho fundamental para este y de modo muy específico para *Oraculum*, la plataforma que posibilitó la experimentación y la obtención de información en esta investigación.

3.5.3. Obras del Arte Neuronal

El compositor Alvin Lucier, en colaboración con el científico Edmond Dewan, presentó en 1965 *Music for Solo Performer*, pieza en que trabajo con sonificación, sonido no hablado para transmitir información y biofeedback. Lucier que se concentraba en colocar su frecuencia neuronal en rango alpha, utilizándola para activar un ensamble de instrumentos de percusión. En el registro audiovisual que afortunadamente se preserva de la presentación²⁶³, se puede ver a Lucier sentado en una silla, con la mirada fija mientras le colocan electrodos en la frente, estos son los encargados de recoger la señal de su frecuencia neuronal y llevarla a amplificadores que aumentan su volumen, luego un filtro de paso limpia la señal para ser enviada a altavoces conectados a instrumentos de percusión que son activados por ella. Durante el performance, Lucier modificaba el sonido cerrando los ojos y con biofeedback, una técnica en que al recibir información de una aparato que monitorea procesos involuntarios del cuerpo como temperatura, tono muscular, respiración u ondas cerebrales, se entrena el control consciente de los mismos.

²⁶³ Lucier, 1965

Probablemente Alvin Lucier inauguró el *Arte Neuronal*, a partir de un acto en que, no había control estético ni resultó en una musicalidad basada en la perspectiva tradicional de la combinación ordenada de sonidos y silencios para crear melodía, armonía y ritmo; pero si fue una profunda indagación en el uso del funcionamiento neuronal como generador de sonido desde su interés por la creación “musical” a partir de experimentar con cosas como la no-intencionalidad, el uso de instrumentos no musicales y/o el uso de instrumentos musicales de modo no “musical”.

Partiendo de Lucier como un experimentador del funcionamiento neuronal para la creación relacionada con el arte, hacia finales del siglo XX e inicios del XXI, con el impulso de la tecnología que comenzó a proveernos de forma relativamente asequible y cada vez más sofisticada de diademas, computadoras y programas de detección y observación gráfica de frecuencias neuronales, surgió una corriente importante de creadores e investigadores de lo artístico que consideraron el funcionamiento neuronal como material de creación, mencionaré algunos con más detalle a continuación con el propósito de usarlos como elementos que nos permiten comprender los avances o estancamientos del *Arte Neuronal*, y muchos otros se presentan en tablas con la referencia para aquellos que deseen indagar de manera particular en ellos.

La británica Luciana Haill utilizó neurotecnología desde la última

década del siglo XX, explorando las interconexiones entre neurociencia, cibernetica y surrealismo, a través de medios digitales, performance, instalación, sonido y dibujo. Algunas de sus piezas involucran el monitoreo y sonificación de ondas cerebrales en tiempo real.

Fine artist Luciana Haill has focused on interaction from brainwave mapping into her Art since the early 1990s. Her work intersects mixed realities, neuroscience, telematics and the unconscious to make mental processes visible (in particular lucid dreams, meditation and nostalgia). Luciana experienced viral meningitis as a teenager which led to a fascination with the brain and altered states. She creates artworks that combine digital media, augmented reality, performance, drawing and binaural soundscapes. Her brainwave recording artworks have been described as a form of ephemeral portraiture through monitoring the brain's EEG signal.²⁶⁴

En 2012 Masaki Batoh presentó el álbum *Brain Pulse Music*²⁶⁵, resultado de años de investigación sobre las funciones bioeléctricas del cerebro en personas con secuelas traumáticas del gran terremoto del este de Japón; Batoh quería crear una máquina que interactuara con las ondas cerebrales, permitiendo al usuario manipularlas, al inicio era un experimento austero pero se convirtió en un esfuerzo por reconciliar el espíritu con el cuerpo de los involucrados.

En 2014 Jody Xiong presentó *Mind Art*²⁶⁶, una instalación diseñada

²⁶⁴ [La artista Luciana Haill ha centrado su arte en el mapeo de ondas cerebrales desde principios de la década de 1990. Su trabajo cruza realidades mixtas, neurociencia, telemática y el inconsciente, para hacer visibles los procesos mentales (en particular los sueños lúcidos, la meditación y la nostalgia). Luciana experimentó una meningitis viral cuando era adolescente, lo que la llevó a una fascinación por el cerebro y los estados alterados. Crea obras de arte que combinan medios digitales, realidad aumentada, performance, dibujo y paisajes sonoros binaurales. Sus obras de arte de grabación de ondas cerebrales han sido descritas como una forma de retrato efímero a través del monitoreo de la señal EEG del cerebro.] Haill, 2022

²⁶⁵ Batoh, 2012

²⁶⁶ Xiong, 2014

para que personas con algún impedimento físico importante, pudieran pintar a través de sus ondas cerebrales, los participantes elegían colores de pintura que eran colocados en globos con detonadores, rodeados de un cubo de lienzos. Las personas portaban una diadema de electroencefalografía que activaba los detonadores y la pintura caía en los lienzos, el cubo que estos formaban se abría para convertirse en un solo gran plano y el resultado era una enorme pintura. Para 2022 *Mind Art* inspiró *The Bloom*, una obra presentada en la inauguración de los juegos paralímpicos de verano²⁶⁷.

En 2015 The Paramusical Ensemble, presentó *Activating Memory*²⁶⁸, en el Hospital Real de Neurodiscapacidad de Londres, se trata de una composición para ocho intérpretes: un cuarteto de cuerda y un cuarteto de interfaz cerebro-computadora, conformado por un casco de electrodos colocado en pacientes con deficiencias motoras graves, que controlaba un sistema de música generativa que originaba partituras para ser leídas e interpretadas en tiempo real por el cuarteto de cuerdas.

*Melting Memories*²⁶⁹ de Refik Anadol, es una instalación de 2017, en la que en un marco de 5x5 metros, presenta visualmente actividad cerebral relacionada con la memoria y el recuerdo, a partir de algoritmos basados en pintura de datos, basada en el llamado Arte de

²⁶⁷ Xiong, 2022

²⁶⁸ Paramusical Ensemble, 2015

²⁶⁹ Anadol, 2017

Datos (Data Art). Kirell Benzi²⁷⁰, uno de los mas reconocidos artistas de datos junto con Refik Anadol, lo define como “una práctica artística que se basa en el uso de un conjunto de datos para transmitir emociones a la audiencia.”, nos dice que estos datos “deben ser comprensibles para la audiencia con explicaciones adecuadas, incluso si el significado no es evidente a primera vista” y que “La mayoría de las obras de arte de datos son artefactos visuales digitales: imágenes, videos, piezas interactivas, pero el arte de datos en sí mismo no se limita a una pantalla o una visión”.

Melting Memories is an exhibition comprised of data paintings, augmented data sculptures and light projections. The work explores the materiality of remembering through the aesthetic interpretation of EEG data. In doing so, it offers new insights into the representational possibilities emerging from the intersection of advanced technology and contemporary art. By showcasing several interdisciplinary projects in collaboration with the Neuroscape Laboratory at the University of California, San Francisco, the sculpture translates the elusive process of memory retrieval into data collections, and immerses visitors in Anadol's creative vision of “recollection.²⁷¹

Desde Melting Memories, una de sus primeras obras con franco interés por la temática neuronal, hasta sus trabajos más recientes como *Sense of Space: Connectome Architecture* de 2021, en colaboración con Gökhan S. Hotamisligil y con el Doctor Taylor Kuhn, coordinador del Human Connectome Project (HCP) de la UCLA, Refik ha trabajo en

²⁷⁰ Benzi, 2020

²⁷¹ [Melting Memories es una exposición compuesta por pinturas de datos, esculturas de datos aumentados y proyecciones de luz. El trabajo explora la materialidad de recordar a través de la interpretación estética de datos de EEG. Al hacerlo, ofrece nuevos conocimientos sobre las posibilidades de representación que surgen de la intersección de la tecnología avanzada y el arte contemporáneo. Al exhibir varios proyectos interdisciplinarios en colaboración con el Laboratorio Neuroscape de la Universidad de California en San Francisco, la escultura traduce el escurridizo proceso de recuperación de la memoria en colecciones de datos y sumerge a los visitantes en la visión creativa de "recuerdo" de Anadol.] Anadol, 2017

muchas de sus obras con la memoria, los sueños, el conectoma y lo neuronal, a partir del Data Art.

Through collaboration between Dr. Taylor Kuhn, coordinator of the Human Connectome Project (HCP) at UCLA, Refik Anadol Studio developed a dynamic network at the intersection of neuroscience and design to study fundamental questions about the architecture of the human brain. Approximately 70 Terabytes of multimodal MRI data, including structural, diffusion (DTI) and functional (fMRI) scans of people ranging from birth to nonagenarians and beyond are used to train machine-learning algorithms that discover patterns and imagine the development of brain circuitry throughout the human lifespan. Using this groundbreaking approach, Refik Anadol Studio was able to generate a fully immersive, augmented 3D brain model, Sense of Space.²⁷²

Las tablas presentadas abajo son un breve catálogo de procesos creativos y de investigación que podemos circunscribir al *Arte Neuronal*. La primera trata de procesos artísticos que si bien tocan en el territorio de la investigación, tienen como objetivo la creación y presentación de obra artística; la segunda de investigaciones, artículos y/o procesos creativos, vinculados con el Arte y relacionados con la obtención de información neuronal por medio de electroencefalografía, que no tienen como objetivo primordial la creación y presentación de obra artística.

²⁷² [En colaboración con el Dr. Taylor Kuhn, coordinador del Human Connectome Project (HCP) en UCLA, Refik Anadol Studio desarrolló una red dinámica, en la intersección de neurociencia y diseño, para estudiar preguntas fundamentales sobre la arquitectura del cerebro humano. Se utilizan aproximadamente 70 terabytes de datos de MRI multimodal, incluidas exploraciones estructurales de difusión (DTI) y funcionales (fMRI) de personas, desde recién nacidos hasta nonagenarios y más, para entrenar algoritmos de aprendizaje automático que descubren patrones e imaginan el desarrollo de circuitos cerebrales a lo largo de la esperanza de vida humana. Usando este enfoque innovador, Refik Anadol Studio pudo generar un modelo inversivo y aumentado de cerebro 3D, Sense of Space.] Anadol, 202

AÑO	OBRA
1965	<i>Music For Solo Performer</i> , Alvin Lucier (https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y)
2012	<i>EEG Augmented Consciousness in Art</i> , Luciana Haill (https://www.youtube.com/watch?v=2borF5EiGyM)
2012	Ensamble MiND (https://vimeo.com/28753644)
2012	<i>Brain Pulse Music</i> , Masaki Batoh (https://www.youtube.com/watch?v=XI4Mge8nLMw)
2013	<i>Convirtiendo convulsiones en música</i> , Chris Chafe y Josef Prvizi (https://www.youtube.com/watch?v=n0T2uB-GLc8)
2013	<i>SubConch</i> , Mats Sivertsen (https://vimeo.com/61136178)
2014	<i>Mind Art</i> , Jody Xiong (https://www.youtube.com/watch?v=SVKr8CpBGcg)
2013	<i>Eunoia y Eunoia II</i> , Lisa Park
2014	(http://www.thelisapark.com/eunoia-ii)
2014	<i>Activating Memory</i> , Eduardo Miranda (https://vimeo.com/88151780)
2014	<i>Conductar</i> , Odd Division (https://vimeo.com/92346132)
2014	<i>Music + Mind</i> , Artlab (https://vimeo.com/91317889)
2014	<i>Turbo-Gusli</i> , Dmitry Morozov (vtol) (https://vimeo.com/94968198)
2015	<i>Convirtiendo ondas cerebrales en texto</i> , Laboratorio de Sistemas Cognitivos del Instituto Tecnológico de Karsruhe (Alemania) (https://elpais.com/elpais/2015/06/24/ciencia/1435141735_511216.html)
2015	<i>Música a partir de ondas cerebrales</i> , Academia Internacional de Música y Arte (Roma) (https://www.youtube.com/watch?v=N30SFjZ2BQQ)
2105	The Paramusical Ensemble performs Activating Memory (https://vimeo.com/143153591)

2016	EEG en la Investigación artística transdisciplinar, Oscar Yáñez Suárez. (https://www.youtube.com/watch?v=Wy8Evyh5y1U)
2016	<i>Your brain on art</i> , Tecnológico de Monterrey y Universidad de Houston (https://tecreview.tec.mx/estudian-como-el-arte-enciende-al-cerebro-humano/)
2018	<i>Melting Memories</i> , Refik Anadol (https://www.microsiervos.com/archivo/arte-y-diseno/instalacion-artistica-actividad-neuronal-estructuras-multidimensionales.html)
2019	Actividad cerebral transforma en imágenes, Albert Lin (https://www.nationalgeographic.es/video/tv/este-video-muestra-ondas-cerebrales-proyectadas-como-arte-en-tiempo-real)

Tab. 10 Procesos artísticos de Arte Neuronal

AÑO	OBRA
2018	ORTIZ, Mario, et al. Estudio preliminar de evaluación de la creatividad artística mediante el análisis de señales electroencefalográficas (http://dehesa.unex.es/handle/10662/8036)
	ELIZONDO, José Jaime et al. Análisis de señales electroencefalográficas de personas desarrollando actividades de dibujo. (https://www.ecorfan.org/booklets/CIERMII/TECNOLOGIA%20E%20INNOVACION/Jose%20Jaime%20ESQUEDA_1.pdf)
2016	LÓPEZ AGUAYO, Josefina Instalaciones artísticas de interacción: el espacio de la metáfora. (https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=electroencefalograf%C3%A9+art%C3%A9sticos&btnG=)
2016	AYALA, Octavio De Juan NeuroBeethoven: el concierto de las neuronas. La Pictomusicadelfia y el potencial neuroexperimental de la Música (http://www.e-revistes.uji.es/index.php/artseduca/article/view/2142)
2001	JESÚS, J. Psico-Neuro-Biología de la creatividad artística

2016	ARIAS, M. Neurología del éxtasis y fenómenos aledaños: epilepsia extática, orgásmica y musicogénica. Síndrome de Stendhal. Fenómenos autoscópicos (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021348531630069X)
2017	ORDÓÑEZ ÁLVAREZ, José Leonardo El lenguaje audiovisual y la neurociencia 2017. Tesis de Maestría (http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6919)
	CANTERO, Irene Martínez Música, Emoción y Motivación. Aportes desde el campo neurocientífico
2006	ALFONSO, Escobar; BEATRIZ, Gómez-González Creatividad y función cerebral (http://revmexneuroci.com/wp-content/uploads/2014/06/Nm065-06.pdf)
2008	CASTRO-SIERRA, EDUARDO Estudios Interdisciplinarios en Cognición Musical (http://www.saccomm.org.ar/2008_reunion7/actas/06.Castro_Sierra.pdf)
2009	RENDÓN URIBE, María Alexandra Creatividad y cerebro: bases neurológicas de la creatividad
2017	BAZURTO, Luis Fernando Gasca La práctica de las neurociencias para comprender la recepción del espectador que observa un tráiler cinematográfico. (http://festivaldelaimagen.com/wp-content/uploads/2017/07/Luis_Gasca.pdf)
2010	DÍAZ, José Luis Música, lenguaje y emoción: una aproximación cerebral (https://www.medigraphic.com/pdfs/salmen/sam-2010/sam106i.pdf)
2017	La neurociencia ahora puede elegir música basándose en tus ondas cerebrales (https://www.periodismo.com/2017/04/27/la-neurociencia-ahora-puede-elegir-musica-basandose-en-tus-ondas-cerebrales/)

Tab. 11 Investigaciones, artículos y/o procesos creativos para la obtención de información neuronal por medio de electroencefalografía

De entre todos estos trabajos volveré a 2013 y 2014 con la estadounidense Lisa Park y sus *Eunoia* y *Eunoia II*, un par de piezas performáticas en las que trabajó con sensores neurales de electroencefalografía, “Eunoia” is a performance that uses a commercial brainwave sensor (EEG) to manifest the artist’s current state’s into sounds. It means ‘beautiful thinking’ in Greek (‘good’ + ‘mind’).²⁷³

Eunoia estaba material y estéticamente sostenida en 5 parlantes con platos de aluminio encima llenos de agua, para *Eunoia II* fueron 48, número relacionado con la clasificación que Spinoza hace de los estados anímicos humanos, los llama *afectos*: *deseo, alegría, tristeza, admiración, desprecio, amor, odio, propensión, aversión, devoción, irrisión, esperanza, miedo, seguridad, desesperación, grata sorpresa, decepción, compasión, aprecio, indignación, sobreestima, menospicio, envidia, misericordia, contento de sí, humildad, arrepentimiento, soberbia, abyección, gloria, vergüenza, anhelo, emulación, agradecimiento, benevolencia, ira, venganza, crueldad, temor, audacia,*

²⁷³ NeuroSky brainwave headset and custom-written software are used to musicalize the artist’s brainwave data in response to her current states. During the performance, the custom code calibrates the volume, pitch, and panning of the sound associating with the artist’s varying ‘Attention’ and ‘Meditation’ values detected from neurofeedback data. As a result, the sound produced by speakers creates vibrations on the water to correlate with the intensity of the artist’s mental states. The motivation behind this performance was to achieve inner calmness, having control over the artist’s consciousness and thoughts. The goal was to reach a moment of complete stillness so that no sound could be heard and no vibrations could be seen on the water. [Las diademas de ondas cerebrales NeuroSky y el software personalizado, se utilizan para musicalizar los datos de ondas cerebrales de la artista en respuesta a sus estados anímicos en el momento. Durante el performance, el código personalizado calibra el volumen, el tono y la panoramización del sonido, asociado con los valores variables de ‘Atención’ y ‘Meditación’ detectados a partir de los datos de neuro-retroalimentación. Como resultado, el sonido producido por los parlantes crea vibraciones en el agua correlacionadas con la intensidad de los estados anímicos de la artista. La motivación detrás de este performance fue lograr la calma interior, teniendo control sobre la conciencia y los pensamientos de la artista. El objetivo era llegar a un momento de completa quietud para que no se escuchara ningún sonido ni se vieran vibraciones en el agua.] Park, 2013

pusilanimidad, consternación, humanidad o modestia, ambición, gula, ebriedad, avaricia y lujuria²⁷⁴.

I used my body as a medium to express my inner states and thoughts externally. At first, I started using biosensors to visualize invisible biological signals as a way to get to know myself. The insight I got from using biofeedback sensors is to embrace the changes in my feelings rather than to control them.²⁷⁵

Retomé a Lisa Park pues es una obra que remite al trabajo de Alvin Lucier, con la enorme o pequeña (según el punto de vista) distancia del control estético y el contenido filosófico-conceptual, estas obras me parecen un buen modo de comprender los avances del *Arte Neuronal*, en aproximadamente medio siglo. Alvin realizando un ejercicio relativamente primitivo, donde utiliza la concentración y el control neuronal para generar la vibración que detona su obra y Lisa con el uso de tecnología más asequible y una fuerte configuración estética y conceptual, que reviste el mismo principio de Lucier con una instalación más armoniosa y estéticamente atractiva.

Aquí encuentro dos momentos contundentes del *Arte Neuronal*, el primero con experimentaciones potentes y puras donde la vibración generada por el funcionamiento neuronal es el material base de creación, pero sin contar con tecnología sofisticada ni asequible; en el que no se llegó, probablemente ni si quiera tenían el interés, al control

²⁷⁴ Spinoza, 2000:169-178

²⁷⁵ [Utilicé mi cuerpo como medio para expresar externamente mis estados internos y pensamientos. Al principio comencé a usar biosensores para visualizar señales biológicas invisibles como una forma de conocerme a mí misma. La visión que obtuve al usar sensores de biorretroalimentación, es aceptar los cambios en mis sentimientos en lugar de controlarlos.] Park, 2014

de la configuración estética y conceptual externa de la obra, donde la creatividad probablemente radica en la producción de la obra, mas que en la obra misma; esto resulta en obras poco complacientes para el público, cuando observamos el registro audiovisual de *Music for Solo Performer* la mente común podría percibirla como una obra monótona, larga, contemplativa, ruidosa, poco espectacular y poco bella.

En un segundo momento del *Arte Neuronal*, correspondiente aún a nuestra época, noto dos elementos fundamentales: por un lado que el control estético y conceptual tomó relevancia, para el creador y como oferta puntual para el público, se configura en un Arte que desea atraer la atención de los espectadores y utiliza elementos estéticos para ello, yo diría incluso que cae en la complacencia en muchas ocasiones. Y por otro lado, que hay un fuerte uso de los lenguajes tradicionales del Arte y la Filosofía, aunque el impulso creador fundamental se trate de la energía detonada por el funcionamiento neuronal humano, la configuración estética y conceptual se recarga en la pintura, la música, la instalación, la imagen y el sonido en general a través de elementos artísticos tradicionales que permiten mostrar en el mundo externo aquello que no podemos ver a simple vista: la actividad neuronal.

Parte de lo interesante de este tema es imaginar el futuro, pero al mismo tiempo es paradójico, ¿hay más futuro?, ¿se puede llegar más lejos de lo que hemos llegado en cuando al uso de la actividad neuronal como material de creación? Algunos piensan que no hay más

qué hacer, que las posibilidades radican en esa configuración estética y conceptual de la que tanto he hablado; otros buscan ampliar la posibilidad de control neuronal y a partir de ello avanzar en una configuración estética de la obra menos basada en los materiales tradicionales extracorporales; otros indagan en nuevos soportes materiales extracorporales menos alineados con los lenguajes tradicionales del Arte; y otros sueñan incluso con la idea del *Arte Neuronal*, aquel que genere una conexión directa entre el estado neuronal del creador y el del perceptor, sin necesidad de una configuración material extracorporal.

Como en otras corrientes de lo artístico, hay una fuerte tendencia y también una fuerte resistencia pues muchos dudan de la viabilidad de proyectos que requieren de una aproximación importante a la ciencia y de entrar seriamente en territorios ínter y transdisciplinares; además se va comprendiendo que la neuroestética no es arte y que no basta con asumir que porque se activan las neuronas en un proceso artístico, cosa inevitable si se está vivo, se está haciendo *Arte Neuronal*. Aun hay muchos que no sabemos, el conocimiento se amplia, desmitifica y hasta se contradice.

RECAPITULACIÓN

El objetivo de este capítulo fue reconocer al *Arte Neuronal* y sus características, esa corriente que ha sido fuertemente impulsada por la tecnología promoviendo el vínculo entre el funcionamiento del *sistema*

nervioso central a nivel neuronal y el Arte. Si bien todo el *Arte* siempre ha estado conectado al *sistema nervioso central* en el *Arte Neuronal* esa conexión se hace consciente y se utiliza para la creación y recepción de las obras de Arte de este tipo.

Para ello observamos que estas obras se configuran desde: el conocimiento y uso consciente del funcionamiento neuronal humano, fundamentos teórico-prácticos basados en los momentos de procesamiento de información en el ser humano y materialidades ancladas a los lenguajes artísticos tradicionales pero mediadas por tecnología que permite la observación del funcionamiento neuronal. Dicha tecnología se convierte en un elemento de expansión perceptual y está fundamentada en la electricidad a través de la electroencefalografía, y equipos de computo cada vez más portátiles-potentes, que nos permiten visualizar, proyectar y utilizar la información de la actividad neuronal. Así nos acercamos al *Arte Neuronal* proponiendo al *Arte*, desde una aproximación conceptual, como la “creación de piezas con una evidente configuración estética y/o conceptual, materializadas en soportes determinados por el lenguaje y/o corriente artística de que se trate, en los que se evidencian en el exterior del artista: sueños, ideas, pensamientos, posturas, creencias, etcétera, provenientes de su interior.”; y a lo *Neuronal* como “la observación de las estructuras neuronales, su funcionamiento y su participación en la mente enactiva”.

Recorrimos esta información considerando que cada época histórica evidencia las cualidades y necesidades de la sociedad que la conforma y observamos al *Arte Neuronal* como un movimiento francamente relacionado e impulsado por la que Francisco Mora llama *Neurocultura* “una cultura basada en la ciencia del cerebro que trae consigo, una revalorización de las humanidades, un puente a través del cual se unirán esos dos grandes saberes, la ciencia y las humanidades.”²⁷⁶. Es pertinente anotar que estos temas han sido de profundo interés a lo largo de la historia de la humanidad pero la tecnología ha tenido mucho que ver en que actualmente vivamos una época en que ese interés se coloca en la superficie de la cultura, entre esto realizamos un breve recorrido histórico de momentos que nos llevaron a nuestro presente neurocultural nutrido por personajes que a lo largo de la historia han abonado al conocimiento al tema.

Reconocimos también cómo nuestro presente neurocultural ha promovido vínculos entre la Neurociencia y otros campos de saber, entre ellos *Neuroestética*, “el estudio de las estructuras, sustancias y funciones del *sistema nervioso* que se activan cuando el ser humano entra en contacto con las cualidades estéticas de las cosas que conforman el universo y de modo mas específico de los objetos del arte”, una rama de estudio inaugurada por Semir Zeki quien trabajó en investigar el fenómeno de la belleza ante la apreciación de obras de Arte. La observación de la *Neuroestética* nos vincula con la

²⁷⁶ Mora, 2015:6-7

experiencia y la comunicación estética en su relación con el Arte. La experiencia como el resultado del momento en que confluyen la interacción a nivel estético entre los sistemas sensoriales y la información que entra y se procesa en ellos, que genera la valoración y significación a partir de dicha interacción. Y la comunicación estética, muy relacionada ya con el Arte y que sucede a partir del vínculo entre la obra y los procesos de la mente impulsados por este tipo de comunicación. Dicha comunicación implica la observación de, por un lado la categoría de la creación donde nos adentramos en la creatividad como “el estado que genera la creación, entendiendo a ésta como la ruptura de la homogeneidad o la homologación, un momento en que el creador llega en un punto sensible a las anomalías de la realidad y es capaz de notarlas para crear soluciones, construcciones, ideas, respuestas, piezas artísticas... ante estar frente a una nueva versión de la realidad.”, y por otro la categoría de la percepción en la que el *Arte Neuronal* tiene sus particularidades en cuanto a quienes lo perciben, entendiendo que todas las obras de arte son senso-transdu-percibidas, pero las del *Arte Neuronal* trabajan con el funcionamiento neuronal de modo consciente y siendo uno de sus fundamentos creativos.

Todo este recorrido nos permitió observar algunos objetos del arte de la neurocultura que podríamos circunscribir al *Arte Neuronal*, partiendo de los trabajos de Alvin Lucier durante el siglo XX hasta llegar a lo que sucede en nuestros días.



Oraculum montado para las observaciones neuronales de esta investigación, 2022

4. ORACULUM

Obra procesal de tipo transdisciplinar construida a partir de la estructura del hipercubo, primer sólido platónico de la cuarta dimensión, proyectado en su espectro tridimensional. En sus lienzos de proyección digital muestra contenidos interactivos seleccionados por sistemas de inteligencia artificial y generados en tiempo real con soportes cinematográficos, de arte sonoro envolvente y realidad virtual a través de experiencias inmersivas estereoscópicas.

Antonio Isaac

*O*raculum es una obra del artista mexicano Antonio Isaac (miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte), con una historia que comienza de modo evidente en 2006; se trata de una pieza con cualidades que la convierten en una perfecta plataforma de observación del fenómeno neuronal. Este capítulo esta dedicado a realizar una descripción de *Oraculum*, para evidenciar las razones por las que se le pone especial atención para esta investigación.

Durante los últimos años se realizaron tres entrevistas a Antonio Isaac, en la sección de anexos se presenta la transcripción de la última de ellas para, a través de las propias palabras del artista, conocer a *Oraculum*. Durante la siguiente sección se hace un ejercicio de deconstrucción de la pieza, en una combinación entre la información obtenida de viva voz del artista y mis observaciones basadas en la convivencia que he tenido con la pieza desde el año 2012, cuando sucedió nuestro primer encuentro.

4.1. Anatomía de la pieza

Conocí a *Oraculum* en 2012 en torno al *Diplomado Interdisciplinario para la Enseñanza de las Artes* del CENART, cuando participé en un proceso de montaje y exhibición de la pieza, desde ese primer encuentro me llamaron profundamente la atención sus cualidades. Tuve la oportunidad de colaborar en procesos de montaje subsecuentes y finalmente de contar con el visto bueno de Antonio Isaac para utilizar la obra como plataforma de investigación neuronal e incluso como plataforma de presentación de algunos de mis procesos creativos.

En *Oraculum* Antonio Isaac materializa la obra a partir de una estructura hipercubica presentada como un espejo tridimensional (cuatridimensional) que nos permite habitar, cuando menos aproximarnos a imaginar, la cuarta dimensión. La obra se acompaña por una serie de sistemas de inteligencia artificial, biosensores y sistemas de detección telemétrica no intrusiva, que pretenden-logran establecer el estado anímico de la audiencia, mismo que a su vez la alimenta para que esta decida cuál es el tipo de contenido que se ofrecerá a través de la pieza, logrando que, los *habitantes* lleguen a un estado de conciencia inducido sin ninguna sustancia de tipo químico alucinógeno ajena al cuerpo. De este modo, así como se establece el reflejo cuatridimensional del universo también se establece uno del yo para cada *habitante*, a través de una mirada al interior, al exterior y a las diversas perspectivas tridimensionales, todo de manera simultanea. *Oraculum* hace un promedio del estado anímico de los habitantes; si

son más de uno aparentemente desvanece la posibilidad del individuo, sin embargo, para el *habitante* y su subjetividad, la experiencia profunda del yo no se desdibuja y a veces resulta potente.

Es una obra que puede ser presentada como instalación multimedia audiovisual interactiva, como plataforma para actos performáticos en vivo y, el caso de esta tesis, como plataforma de investigación. En sus distintas modalidades, de modo variable, puede estar acompañada por actividades que relacionan la geometría cuántica, la robótica, la inteligencia artificial, la protozoología, la danza, la teatralidad, la música, el paisaje sonoro, la cinematografía, la síntesis modular, entre otra. En sí mismo *Oraculum* puede albergar varios elementos de los lenguajes tradicionales del Arte, de los que hecha mano para expresar lo que desea en sus distintos momentos, pues, dada su naturaleza, las temáticas que el artista expone en ella son variadas sin que esto cambie su configuración fundamental, material y conceptual²⁷⁷. Cuando se expone en modo instalación, los *habitantes* pueden contemplar a *Oraculum* de manera periférica, detonando los contenidos que va mostrando a partir de un algoritmo de inteligencia artificial conectado a la nube, lo que le permite acceder al big-data y seleccionar los contenidos, creados por el artista para su despliegue con base en el comportamiento y estado anímico promediado de los presentes en el

²⁷⁷ Esta obra nos ofrece conexiones entre arte, ciencia, tecnología y naturaleza; desde filmaciones en 360° de especies endémicas y nativas dela biodiversidad de México, hasta la belleza de modelos matemáticos del comportamiento de monedas en el mundo. Durante su exposición en la Expo Universal Shanghai 2010, en China, *Oraculum* dedicó su contenido a la biodiversidad, nuestra historia y la enografía del país, llevando a más de 17.4 millones de personas que la visitaron una muestra de la megadiversidad, cultura y población de México. (Información obtenida de la ficha de sala de la exposición de *Oraculum* en el Museo Nacional de las Culturas del Mundo, 2022)

momento. “En un cálculo que hice, la pieza tarda aproximadamente 10500 años en poder ofrecer exactamente el mismo patrón o la misma secuencia.”²⁷⁸

Cuando se presenta como suceso performático “*Oraculum* genera su propio espacio escénico que es visitado por expresiones de danza contemporánea, performance, teatro, paisajismo sonoro, sesiones de meditación de arte, conciertos, cinematografía, artes visuales, y muchas más”.²⁷⁹

Y cuando *Oraculum* se convierte en plataforma de investigación, se utiliza su configuración y espacio para obtener información específica de algún tipo, ya sea de la propia pieza o de la relación resonadora entre ella y sus *habitantes*. En el caso de esta investigación, se utilizó para realizar una serie de sesiones de recopilación de información neuronal a través de diademas de electroencefalografía.

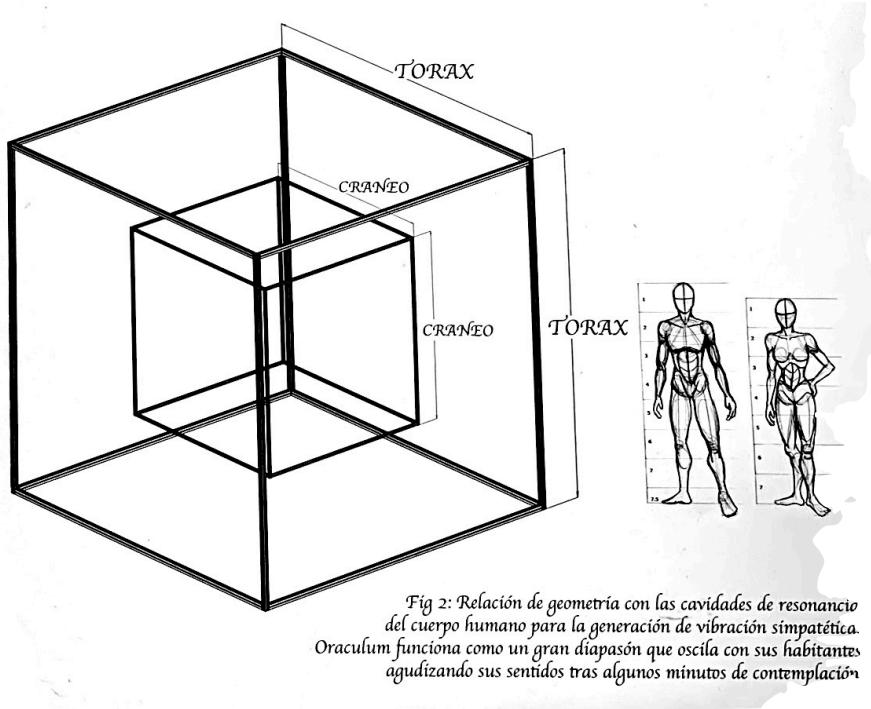
4.1.1. El soporte material y energético

El soporte material de *Oraculum* está basado en aluminio aerolástico, un metal usado fundamentalmente por las fuerzas de defensa y el ejército alemán para la fabricación de aviones, es un tipo de metal particular con propiedades de vibración parecidas a las del acero pero sin la fatiga de éste, el aluminio aerolástico puede moverse, vibrar

²⁷⁸ Antonio Isaac, 2018

²⁷⁹ Información obtenida de la ficha de sala de la exposición de *Oraculum* en el Museo Nacional de las Culturas del Mundo

mucho y al mismo tiempo ofrecer un bajo nivel de fatiga, permitiendo que no se quiebre y que prácticamente no se caliente.²⁸⁰



281

Fig. 15 Oraculum

Oraculum cuenta también con una serie de lienzos de proyección digital tridimensional. “no son pantallas, son sofisticados lienzos basados en un entretejido con una apertura reticular muy precisa, hechos con seda y nailon”²⁸². Para las proyecciones y sonidos la pieza

²⁸⁰ Toda la celda interior (el cubo pequeño) y la celda exterior (el cubo grande) del hipercubo, vibran en resonancia con las cavidades (también resonantes) del cuerpo humano, fundamentalmente tórax y cráneo; así comienza una resonancia simpatética y una agudización de la capacidad de percepción, con el simple hecho de colocarnos en el centro geométrico de la pieza. (Antonio Isaac)

²⁸¹ Imagen obtenida de la ficha de sala de la exposición de *Oraculum* en el Museo Nacional de las Culturas del Mundo

²⁸² Antonio Isaac

trabaja con proyectores particularmente modificados para la obra, con lente Carl Seizz y montados por View Sonic; además de un sistema periférico de sonido cuadrafónico envolvente.

De este modo la estructura se alimenta por contenido audiovisual hecho y/o seleccionado por el artista, pero que es generativo para los habitantes en el momento de estar en la obra. Aquí entramos en el territorio del soporte energético de *Oraculum*, el que tiene que ver con luz, forma de onda, etcétera, que si bien necesitan un sistema de propagación material para poder ser percibidos de modo consciente por el humano, existe con o sin el medio de propagación, con o sin percepción consciente de los habitantes, se trata de un soporte intangible, probablemente irracionalizable, pero si perceptible, que entra al cuerpo humano a través de los sistemas sensoriales.

Oraculum tradicionalmente está alimentado con energía de corriente alterna a través de la red eléctrica, pero en 2018 se realizó una experimentación en el Bosque de la Zona de Huasca de Ocampo, Hidalgo-Méjico, donde fue completamente alimentado por energía solar.

4.1.2. *El soporte conceptual*

Oraculum conceptualmente “es la posibilidad de un portal transdimensional al que deberíamos poder entrar y salir en otro *Oraculum*, en cualquier otro lugar de nuestro planeta o del universo,

en cualquier otro tiempo. Estamos atrapados por la tecnología del siglo XXI temprano”²⁸³, pero el artista sostiene que deberíamos poder hacerlo. En la pieza se cuestiona el tiempo, el espacio y la existencia misma, en lo individual y en lo colectivo, a través de una serie de artificios tecnológicos que logran la idea de transdimensionalidad, del viaje entre dimensiones.

Además, *Oraculum* observa a los individuos que lo rodean sin distinción de raza, género, especie o incluso reino; en algunos de los casos el creador ha hecho pruebas con plantas y *Oraculum* las detecta como seres vivos con todas sus implicaciones, más allá de si tienen *sistema nervioso central*, no toma en cuenta esto sino su propia vida como organismos biológicos y les ofrece contenido que en principio sería también un espejo de ellos. Habitar *Oraculum* y resonar con él, es resonar con el yo de quien lo habita, revelarse a través de lo que la pieza expresa en función a lo que percibe y a través de lo que los propios cuerpos del habitante sienten o no en esa convivencia. Como habitantes podemos o no voltear a ese espejo, podemos quedarnos a la distancia pensándonos espectadores, pero el espejo está ahí para quien desee asomarse. *Oraculum* es una pieza viva que, igual que sus habitantes, no puede modificar su forma material tangible ni cambiar su esencia, pero sí enactuar con su entorno.

4.2. Antecedentes e historia

Construido sobre bases de composición musical y técnicas audiovisuales avanzadas con una fuerte exploración de la

²⁸³ Antonio Isaac

estereoscopia, tras varios años de trabajos sobre arte digital orientado a la realidad virtual y diversas manifestaciones del ciberespacio, el artista concreta su primera aproximación a *Oraculum* en el 2006.²⁸⁴

Oraculum es una pieza procesal que ha tenido un importante recorrido de presentaciones y exhibiciones en un sin número de recintos y eventos, recorriendo un amplio camino con sus distintas aplicaciones y permaneciendo activo por 17 años hasta el momento.

En 2006 se presentó por primera vez, en el Centro Nacional de las Artes durante el *Festival Transitio Fronteras Nómadas*, en esa ocasión la obra fue auspiciado por *Ars Electrónica* y el Centro Multimedia.²⁸⁵

El creador comenta que “la inquietud inmediata que le detonó aquella presentación fue la insuficiencia de ver lo que sucedía a través de una pantalla ante la necesidad de estar dentro del propio instrumento; ahí comenzó de forma contundente el camino a en lo que *Oraculum* se ha convertido con los años”²⁸⁶. Como consecuencia directa de su avance a partir de aquel momento, en 2008 la pieza se presentó como “un prototipo de sintetizador multidimensional de control táctil”²⁸⁷, en el *Encuentro Nacional de Composición y Nuevas Tecnologías* en el CENART.

²⁸⁴ Información obtenida de la ficha de sala de la exposición de *Oraculum* en el Museo Nacional de las Culturas del Mundo

²⁸⁵ Por entonces era un metainstrumento, ya con la misma microarquitectura ortogonal, un cubo todavía no hipercubo, aproximadamente de 1.20 metros cúbicos de dimensión, que proyectaba en su exterior, a través de pantallas, lo que acontecía en su interior y producía sonido a través de una interfaz tangible multitáctil con realidad aumentada. (Antonio Isaac, 2022)

²⁸⁶ Antonio Isaac, 2022

²⁸⁷ Antonio Isaac, 2022

Para 2009 *Oraculum* fue convocado por el Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México (INEHRM), instancia que estaba a cargo de la selección, curaduría y museografía de la obra artística que habría de presentarse en el pabellón de México en la *Expo Universal Shanghái 2010*. La obra, en versión *InfoSala*²⁸⁸, mostró a través de su tratamiento artístico y estético, tres ejes fundamentales de la cultura mexicana: su biodiversidad, su historia y sus componentes socio demográficos.

Para 2012 y 2013, *Oraculum Interdisciplinario* se hizo acreedor al *Programa de Apoyo a la Docencia, Investigación y Difusión de las Artes PADID*. En estos mismos años, como plataforma de creación interdisciplinaria, fue invitado a colaborar en *EVD 58, Embodied in varios Darmstadt 58, danza telemática_arte en red*²⁸⁹, un proceso donde se indagó en la virtualización del cuerpo a través de la danza telemática, enlazando en tiempo real una obra entre Brasil, España y México. También en 2013, gracias a *Oraculum* y otras piezas, Antonio Isaac recibió la nominación al *Premio Nacional de Ciencias y Artes* y la obra fue presentada en la ceremonia de recepción del homenaje

²⁸⁸ El pabellón contaba con cuatro salas de exposición: Introducción, Ciudad y Naturaleza, Ciudad de Patrimonio, y Ciudad y Población. Además de las Piezas exhibidas cada sala referente a la ciudad contaba con infosalas, donde el visitante podía encontrar información precisa de cada tema. (*Expo Shanghái, 2010:99*)

²⁸⁹ EVD 58

*Mentes Quo+Discovery*²⁹⁰, galardón otorgado a Antonio Isaac por su obra *Sinfonía Electrónica Nº 3, Oscilaciones de la Naturaleza*, derivada de *Oraculum*; esta sinfonía le mereció en 2014 el *Reconocimiento Nacional a la Conservación de la Naturaleza* de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas²⁹¹.

En 2014 se convocó a *Oraculum* a presentarse con el acto performático *Oscilaciones de la Tierra* en el Museo de San Ildefonso como parte de la Exposición *Darwin*, durante el Día Internacional de la Tierra auspiciado por National Geographic. Para 2015, en modalidad escénica, *Oraculum* ganó el *VII Encuentro de las Artes Escénicas (Enartes)* y se presentó en el Teatro Flores Canelo del Centro Nacional de las Artes. Y para 2016, auspiciado por el CONACYT, la pieza fue la plataforma escénica para el acto *Yo Cyborg* en el *Congreso Internacional de Vida Artificial, ALife*.²⁹²

²⁹⁰ **Méjico DF, a 17 de octubre de 2013.**— Esta noche, en el Museo Nacional de Antropología e Historia, se dieron cita las más destacadas personalidades en ciencia, tecnología, arte, educación y humanidades, para presenciar la ceremonia del homenaje a las 30 mentes mexicanas: **Mentes Quo+Discovery**, un proyecto que reconoce a hombres y mujeres mexicanos que cristalizan el esfuerzo de su trabajo en el bien común. Este reconocimiento, que por cuarto año consecutivo realizan la revista **Quo** y el canal de televisión **Discovery**, bajo el lema “Celebremos el conocimiento”, tiene como fin reconocer a las mentes creativas e innovadoras de nuestro país y postularlas como referentes vocacionales. Esto con el objetivo de que las nuevas generaciones encuentren, en las historias y proyectos de estas mentes privilegiadas, la inspiración necesaria para desarrollarse en carreras científicas, tecnológicas y artísticas. (Mentes QUO + Discovery, 2013)

²⁹¹ Teorema Ambiental, 2014

²⁹² El ser humano entiende todavía por separado el arte de la ciencia y la tecnología, por alguna extraña razón no hemos entendido su vínculo. Sin embargo esto está mucho más cercano de lo que parece, aseguró Antonio Isaac Gómez, participante de Alife, el evento que anualmente congrega a los creadores de la vida artificial en todo el mundo y que por primera ocasión se lleva a cabo en México. Antonio tiene dos características que lo hacían destacar en este evento. Primero, es mexicano y después, es entre científico y artista; su trabajo lo ha llevado a recorrer todo el mundo y ser reconocido por este selecto grupo de investigadores, por ello fue uno de los invitados seleccionados para presentar su obra *Oraculum*. (El Economista, 2016)

También en 2016, *Oraculum* sucede como laboratorio interdisciplinario y presentación, siendo obra inaugural de las actividades artísticas del 10º Aniversario del Centro Mexicano para la Música y las Artes Sonoras CEMMAS.

Oraculum “Oscilaciones de la Tierra”, es una obra performática con música en vivo, intervención de medios electrónicos filmicos y gráfica interactiva así como teatro y danza. Soportada con un hipercubo proyecto en la tercera dimensión, microarquitectura ortogonal con multiplicidad de biosensores y alta tecnología al servicio de la interdisciplina. Detectores de movimiento, pulso cardiaco, respiración y temperatura hacen que la obra responda al estado anímico de la audiencia. Un oráculo del s.XXI.

Transversalmente enriquecido por neurociencia, robótica, biología, protozoología, matemáticas y realidad virtual. El cuerpo, más allá del raciocinio, interactúa con la geometría de forma intuitiva, generando espacios ficticios casi reales, llevando al espectador a estados de conciencia raramente experimentados.²⁹³

De 2016 a 2018 la obra fue fundamental para obtener el *Apoyo para la Investigación y Producción en Arte y Medios* en torno a lo que fue exhibida en la Galería de Arte Contemporáneo del Centro Multimedia del CENART.

Para el 2017 *Oraculum* recibió una invitación particular, Antonio Isaac es convocado para realizar una presentación de su trabajo en el Hospital Psiquiátrico Infantil Doctor Juan N. Navarro. El artista relata que la presentación sucedió en medio de la incredulidad de varios médicos, entre otras cosas generada por la poca relevancia de acercamientos previos con procesos artísticos invitados con la

²⁹³ CMMAS, 2022

pretensión de que incidieran de modo positivo en el comportamiento de sus pacientes. Finalmente, esa presentación valió para que *Oraculum* se convirtiera en parte de un protocolo de investigación avalado por la Secretaría de Salud a través del Hospital, para evaluar la posibilidad de sustituir medicación por la exposición a la obra y estudiar los resultados con pacientes en crisis conductual.

En 2018 *Oraculum* fue convocado como pieza de arte central en la Exposición *150 años de Historia Natural en México*, en el Museo Nacional de las Culturas del Mundo. Posteriormente la obra fue adherida a la colección permanente del museo y sigue exhibida hasta la fecha.²⁹⁴

Para 2022 la obra fue invitada a formar parte de primera exposición artística del Museo del Banco de México, *Mercados desde el arte contemporáneo*. Dicha institución por primera vez en su historia abrió un ala de arte en su recinto, la exposición estuvo abierta hasta inicios de 2023²⁹⁵ y como parte de sus actividades *Oraculum* fue invitada para ser exhibida en Zona Maco 2023.

²⁹⁴ La instalación “Oraculum, oscilaciones de la Tierra”, del artista audiovisual Antonio Isaac Gómez, es una pieza multisensorial e inmersiva que permite disfrutar a detalle aspectos de la naturaleza, amplificados con recursos electrónicos, en el que se fusionan la ciencia, la tecnología y el arte. Se puede apreciar y disfrutar de ella en la Sala Segundo Nivel del Museo Nacional de las Culturas del Mundo desde 2018, cuando fue abierta a propósito del 150 aniversario de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, fundada en este recinto. La pieza consiste en un juego de cubos concéntricos recubiertos con membranas semitransparentes, en cuyas caras se proyectan imágenes captadas por el artista para diferentes proyectos de observación de la naturaleza, con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y de experimentación tecnológica y artística, con el Centro Nacional de las Artes (CENART), el Fondo Nacional para la Cultura y las Artes (FONCA) y el Instituto Mexicano de Cinematografía (IMCINE). (Museo Nacional de las Culturas del Mundo, 2018)

²⁹⁵ Museo del Banco de México, 2022

Estos son sólo algunos de los momentos relevantes de *Oraculum*, una pieza que ha realizado un interesante recorrido y que continúa muy activa. En una conversación con Antonio Isaac me comentó que, en ocasiones desearía poder dar una conclusión a *Oraculum*, cerrar el ciclo, pero parece que la obra se niega y encuentra el modo de seguir yendo y viniendo a través de invitaciones que no dejan de surgir.

4.3. *El Creador, la Pieza y el Habitante*

Cada obra artística responde a su creador, a sus intereses, gustos, opiniones, personalidad, etcétera, finalmente materializar una obra, fabricar una composición material en un mundo donde esta no existe, es un acto que en primera instancia proviene de una necesidad personal de que aquello sea, que tenga un lugar en el mundo más allá de la mente de quien lo, de entrada, imagina. *Oraculum* no es la excepción, Antonio Isaac habla de esta pieza como una extensión de sí mismo, como la posibilidad de ser y existir en el más allá que lo que reconocemos como su cuerpo; en este sentido *Oraculum* es Antonio Isaac y sus cualidades y funcionamiento son las del artista, determinadas por las posibilidades materiales existentes, así como el propio artista está determinado en cuanto a su relación con el mundo por las posibilidades y limitaciones de su cuerpo.

Oraculum es pues una pieza que no sólo existe en el entorno, sino que resuena con él y con los que, ya lo hemos mencionado, la habitan,

quienes también resuenan y entrar en comunicación estética con la obra, retroalimentándose. *Oraculum* se desvincula de la idea de espectador, de ese humano que se coloca ante una pieza y la especta, que la senso-trandu-percibe fundamentalmente con la mirada y el oido; para aproximarse al habitante, ese humano que senso-trandu-percibe sí a partir de sus sistemas sensoriales pero activados por las cualidades energéticas de *Oraculum*, conscientemente desarrolladas por el creador, que se internan en el habitante a nivel resonante y neuronal.

Así pues, como toda obra, *Oraculum* es la declaración artística de su creador ante sí mismo y ante el mundo, una obra que irrumpió el mundo para expresar, a través de su ser material, una serie de ideas, posturas, sueños, energía, etcétera; que no necesariamente están en la superficie de la obra pero que la conforman en sus niveles de profundidad. En este sentido yo diría que la relación entre *Oraculum* y por un lado su creador y por otro sus habitantes, puede ser tan simple como profunda y compleja.

4.4. *Oraculum* y la complejidad del fenómeno neuronal

He hablado de *Oraculum* como una plataforma que permitió realizar un proceso experimental para esta investigación, proceso que se detalla en el siguiente capítulo. ¿Podría haber utilizado los halos neuronales con alguna otra obra de arte?, la respuesta es sí, pero elegí a *Oraculum* porque está creada a partir de fundamentos y elementos tecnológicos neuronales, ya eran parte de la obra, no es una obra modificada para o

alienada a mi investigación; porque en sí misma encierra a varios opuestos inseparables como la simpleza y la complejidad; porque personalmente el encuentro con *Oraculum* detonó en mí muchas de las reflexiones vertidas en esta tesis; porque *Oraculum* promueve por sí misma, de modo consciente y desde su idea creativa inicial, la relación compleja y enactiva con sus *habitantes*; porque la vida me dio el enorme regalo de poder tenerla cerca, lo que se fue solidificando en tanto mi interés de investigarla y trabajar con ella y porque de modo muy relevante me interesaba colocar en el centro de investigación a una obra mexicana que fue creada y vive a pesar de todas las complicaciones que existen al hacer Arte de alto nivel en Latinoamérica.

Retomando el primer motivo enunciado: “porque está creada a partir de fundamentos y elementos tecnológicos neuronales”, *Oraculum* provee de la posibilidad de asomarnos a la complejidad del fenómeno neuronal, en primer lugar porque nos deja observarlo por medio de la tecnología y en segundo porque detona la reflexión de todo aquello relacionado con él, podría llevarnos a la reflexión de otros temas sin duda, pero en tanto esta investigación lo que promovió fue el

pensamiento en torno de la complejidad²⁹⁶ del fenómeno neuronal en su relación con el Arte. Retomemos la idea de la complejidad mencionada en el pie de página 294.

Oraculum se coloca en el mundo como un objeto de Arte que no necesariamente ordena los fenómenos, rechaza la incertidumbre o quita la ambigüedad, pero si contiene, en el amplio sentido de la palabra, a la posibilidad de observar el fenómeno neuronal, en su cosmos y en su caos, en su simpleza y su complejidad, en su objetividad y su subjetividad.

RECAPITULACIÓN

El objetivo de este capítulo fue reconocer a *Oraculum*, una obra del artista mexicano Antonio Isaac (miembro del Sistema Nacional de Creadores de Arte), como la plataforma de observación del fenómeno neuronal utilizada en esta tesis, dado que cuenta con las cualidades y vínculo necesario en relación a lo neural y lo neuronal. Se trata de una pieza artística procesal, es decir en constante movimiento y reconfiguración sin perder su esencia, con una historia que comenzó en 2006 y que no ha parado hasta este 2023, tanto en su proceso como

²⁹⁶ A primera vista la complejidad es un tejido (*complexus*: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Al mirar con más atención, la complejidad es, efectivamente, el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico. Así es que la complejidad se presenta con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre... De allí la necesidad, para el conocimiento, de poner orden en los fenómenos rechazando el desorden, de descartar lo incierto, es decir, de seleccionar los elementos de orden y de certidumbre, de quitar ambigüedad, clarificar, distinguir, jerarquizar... Pero tales operaciones, necesarias para la inteligibilidad, corren el riesgo de producir ceguera si eliminan a los otros caracteres de lo complejo; y, efectivamente, como ya lo he indicado, nos han vuelto ciegos. (Morin, 1994:10)

en su historial de presentaciones.

Para reconocer de mejor modo a *Oraculum* el capítulo recopila una de las entrevistas realizadas a su creador, lo que nos permite contar con la deconstrucción de la pieza en sus propias palabras. Como toda obra de arte *Oraculum* refleja quién es su creador, Antonio Isaac habla de la pieza como una extensión de sí mismo.

Posterior a esta entrevista, reflexionamos en la anatomía, soportes material, conceptual y energético de la pieza en un relato basado en las palabras de Antonio Isaac y en mi propia experiencia que transita por varios años de conocer e interactuar con *Oraculum*. Esto nos permitió conocer que la obra está materializada a partir de una estructura hipercubica de aluminio aerolástico cuya cualidad fundamental es que tiene alta capacidad de vibración pero con menor fatiga que materiales como el acero lo que permite que no se quiebre, sumada a una serie de lienzos de proyección digital de seda y nylon con una apertura reticular muy precisa que permite la proyección de la manera deseada por el creador; a través de estos elementos *Oraculum* se alimenta por contenido audiovisual hecho y/o seleccionado por el artista, pero que es generativo para los habitantes en el momento de habitar la obra. Por otro lado, conceptualmente *Oraculum* es presentada como un espejo tridimensional (cuatridimensional) que permite a las personas habitar la obra aproximándose a la cuarta dimensión. Acompañada por sistemas de inteligencia artificial, detección telemétrica y biosensores,

Oraculum logra establecer el estado anímico de la audiencia, misma que a su vez alimenta la pieza para que ésta decida el tipo de contenido que le ofrecerá. Los *habitantes* llegan a un estado de conciencia inducido sin sustancias de tipo químico alucinógeno ajena al cuerpo. Así la obra es la posibilidad de un portal transdimensional al que deberíamos poder entrar y salir en otro *Oraculum* pero “estamos atrapados por la tecnología del siglo XXI temprano”²⁹⁷.

Se trata de una obra que puede ser presentada como instalación multimedia audiovisual interactiva, plataforma performática o como plataforma de investigación, que fue el caso de esta tesis. Y entre sus distintas modalidades tiene una trayectoria en la que ha sido presentado y/o galardonado en espacios como: Centro Nacional de las Artes durante el *Festival Transitio Fronteras Nómadas* (2006), *Encuentro Nacional de Composición y Nuevas Tecnologías/CENART* (2008), Pabellón de México en la *Expo Universal Shanghái* (2010), *Programa de Apoyo a la Docencia, Investigación y Difusión de las Artes PADID* (2012 y 2013), *EVD 58, Embodied* in varios *Darmstadt 58, danza telemática_arte en red* (2013), junto con otras piezas le mereció a Antonio Isaac la nominación al *Premio Nacional de Ciencias y Artes* (2013), ceremonia de recepción del premio *Mentes Quo+Discovery* (2013), Museo de San Ildefonso en la Exposición *Darwin* (2014), *VII Encuentro de las Artes Escénicas, Enartes* (2015), *Congreso Internacional de Vida Artificial, ALife* (2016), 10º

²⁹⁷ Antonio Isaac

Aniversario del Centro Mexicano para la Música y las Artes Sonoras/CEMMAS (2016), *Apoyo para la Investigación y Producción en Arte y Medios (2016 a 2018)*, Exposición *150 años de Historia Natural en México/Museo Nacional de las Culturas del Mundo* (2018), primera exposición artística del Museo del Banco de México *Mercados desde el arte contemporáneo* (2022), *Zona Maco* (2023), etcétera.

A raíz de lo dicho espero que se este capítulo permita comprender por qué *Oraculum* fue utilizada como la plataforma que permitió realizar un proceso experimental para esta investigación al estar creada con fundamentos y elementos tecnológicos neuronales que ya eran parte de la obra, es decir que no es una obra modificada para o alienada a mi investigación. *Oraculum* promueve por sí misma la relación compleja y enactiva con sus habitantes y eso es oro puro para este investigación.



Oraculum durante las observaciones neuronales de esta investigación, 2022

5. ESTUDIO DE CASO

Este estudio tuvo el propósito de experimentar con los instrumentos indicados para obtener evidencia del funcionamiento neuronal, concentrándonos en su uso y conocimiento y en el resguardo de las evidencias como posible material de creación futura. Es muy importante decir que esta investigación no pretendió realizar ningún tipo de análisis psicológico o neurológico de los participantes, sino un proceso instrumental para reconocer el modo en que esta tecnología puede ser y es utilizada en relación con el Arte.

Originalmente las mediciones estaban programadas para realizarse en el Museo Nacional de las Culturas del Mundo, lugar en que *Oraculum* ha estado expuesto desde 2018; esto se pausó a causa de la pandemia por Covid19 que implicó el cierre temporal del recinto. Ante el paso del tiempo sin la apertura del Museo y las dificultades para que los participantes pudieran acudir contando con toda la protección necesaria ante el virus, dado que aunque las condiciones de sanidad en el museo estaban garantizadas no se podía tener control sobre lo que sucediera con los participantes más allá de él, finalmente conté con la colaboración de Antonio Isaac para trasladar una versión simplificada de *Oraculum*, hacia la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán en el Estado de Hidalgo, donde contaba con un espacio para realizar el proceso en un entorno sin riesgos. Entre los contras de realizarlo allá estaba que es una zona sin señal de telefonía celular y con señal de

internet inestable que a veces se va por días, hay una tienda pero el pueblo más cercano para conseguir cualquier insumo que no se tuviera a mano, por ejemplo pilas, está a media hora en automóvil.

Lo que se montó fue una versión simplificada que de cualquier modo contó con todas las cualidades que le permiten ser *Oraculum* en plenitud, es decir que esto no implicó el sacrificio de ninguna de sus cualidades ni fue en detrimento del estudio; la simplificación consistió en llevar un lienzo grande y un lienzo chico (en la versión completa son 4 y 4), dos equipos de computo y dos proyectores (en la versión completa son 4 de cada uno); esto ayudó a mitigar las complicaciones de traslado y a contar con visibilidad absoluta para observar y filmar a los participantes durante el proceso.

Cabe comentar que *Oraculum* tiene un historial de traslados viajando a los distintos lugares donde se ha presentado, sin embargo aún con la experiencia acumulada siempre en un reto mover una pieza con estas cualidades. El hipercubo conformado por la estructura de aluminio aerolástico y los lienzos de proyección tiene un peso aproximado de 63 kilogramos, a ello se suman aproximadamente 4 kilogramos de cada equipo de cómputo, 1.5 de cada proyector, otro tanto de las herramientas para montaje y la plataforma de observación neuronal que implica aproximadamente 3 kilogramos. Además está el reto del espacio para mover la pieza en paquetes de aproximadamente 3 metros de largo en el caso de los mas grandes, y por supuesto los temas de

seguridad y manejo adecuado de una pieza que debe tratarse con delicadeza. La decisión de mover *Oraculum* no era fácil pero significaba la posibilidad de sí realizar el estudio para esta investigación doctoral.

5.1. Descripción de la metodología

El estudio se realizó a través de *Oraculum* como la plataforma y la pieza artística en la que interactuaron los participantes; sumado al uso de un halo neuronal, es decir una interfaz compuesta por: 1) un equipo de computo para la aplicación *Brainwave Visualizer* que es compatible con los auriculares *NeuroSky* y 2) uno de estos auriculares, el EEG *Mindwave Mobile 2*, que cuenta con dos puntos de contacto transcraneal en la zona del lóbulo frontal, en la cien y la frente.

MindWave Mobile 2 EEG headsets are the culmination of decades of EEG biosensor technology research-all in one easy-to-control, wearable package. As the most affordable brainwave-reading EEG headset available, the MindWave Mobile 2 transform science fiction into reality from the comfort of your living room. MindWave Mobile 2 works with *all your MindWave Mobile apps and features several design improvements for your comfort. Flexible rubber sensor arms and rounded forehead sensor tip, T-shaped headband, and wider ear clip contacts make MindWave Mobile 2 our most comfortable EEG headset yet.²⁹⁸

Oraculum fue colocado en un espacio al aire libre con vista hacia la zona de cerros que engalana esta reserva semidesértica. Las

²⁹⁸ [El auricular MindWave Mobile 2 EEG es la culminación de décadas de investigación en tecnología de biosensores EEG, todo en un paquete portátil y fácil de controlar. Como el auricular de lectura de ondas cerebrales EEG más asequible disponible, el MindWave Mobile 2 transforma la ciencia ficción en realidad desde la comodidad de su sala. MindWave Mobile 2 funciona con *todas sus aplicaciones de MindWave Mobile y cuenta con varias mejoras de diseño para su comodidad. Los brazos sensores de goma flexibles y la punta redondeada del sensor en la frente, la banda para la cabeza en forma de T y los contactos más anchos del clip para la oreja hacen de MindWave Mobile 2 nuestro auricular EEG más cómodo hasta el momento.] NeuroSky, 2022

mediciones se realizaron entre las 6 pm y las 9 pm, cuando iniciaba el obscurecer y los participantes habían terminado sus actividades cotidianas, en todos los casos actividades relacionadas con trabajo en el campo. Las observaciones fueron individuales y durante ellas sólo estaban en *Oraculum* y sus alrededores, el participante y la investigadora. El orden en que las observaciones se realizaron con cada participante dependió de cual de ellos estaba listo primero considerando que todos ellos venían de realizar sus actividades cotidianas, aunque todas se realizaron en el mismo rango horario cada día, no fueron en el mismo orden.

A través de toda esta plataforma obtuvimos la representación gráfica de la actividad neuronal de los participantes, mostrando ocho parámetros de frecuencia: Delta, Theta, Alpha Bajo, Alpha Alto, Beta Bajo, Beta Alto, Gamma Bajo, Gamma Alto. Además de dos medidores de: Estado de Atención y Estado de Meditación.

The headset safely measures brainwave signals and monitors the attention levels of individuals as they interact with a variety of different apps. (...)²⁹⁹

Se realizaron diez sesiones de observación y obtención de datos con cada participante (A, B, C y D), 5 en *Oraculum* y 5 sin él, con el objetivo de contrastar entre el participante habitando la obra artística y el participante sin estar en contacto con la misma. Todas las sesiones se llevaron acabo con el uso de MindWave2 y el participante contó

²⁹⁹ [El auricular mide de manera segura las señales de ondas cerebrales y monitorea los niveles de atención de las personas mientras interactúan con una variedad de aplicaciones diferentes.] NeuroSky, 2022

desde el inicio del proceso con una libreta-bitácora que tenía la libertad de utilizar en el momento que quisiera, expresar lo que deseara y del modo en que le fuera pertinente. Esta libreta-bitácora, fue conservada por el participante durante todo el tiempo del estudio, teniendo la libertad de utilizarla o no en cualquier momento, tanto durante las sesiones como durante sus actividades cotidianas.

Las sesiones en *Oraculum* implicaron el uso de MindWave2 en la zona del lóbulo frontal mientras los participantes pasaban 20 minutos habitando la pieza; los primeros 10 minutos se destinaron a que estabilizar cada elemento y los siguientes 10 se tomaron en cuenta para la observación y obtención de datos. Previo a la colocación del equipo cada participante debía limpiar las zonas de contacto con alcohol y retirarse joyería e implementos metálicos en caso de tenerlos y poderlos retirar.

En cuanto a las sesiones sin *Oraculum* se colocó el MidWave2 a los participantes sentados en un cuarto con el menor número de distractores posible, mientras eran filmados y se les dio la libertad de utilizar sus bitácoras o permanecer sin mayor actividad aparente.

5.2. Grupo muestra

El grupo estuvo conformado por cuatro personas (C, A1, A2 y A3), sin ninguna alteración neurológica evidente y sin conocimiento ni vínculo previo con *Oraculum*, ni en presencia ni en idea; fue crucial no

hablarles de la pieza a detalle para que su primer encuentro fuera lo más genuino posible. Todo ellos permanecieron en el lugar mientras se realizó el estudio. A continuación se presenta una breve descripción del perfil de los participantes previo a las sesiones de observación y obtención de datos:

C - Hombre de 30 años sin alteración neurológica evidente. No cuenta con conocimiento previo sobre *Oraculum*. No cuenta con conocimientos sobre Neurociencia. No cuenta con conocimientos ni experiencia de la tecnología implicada. Cuenta con formación artística sólida pero no se dedica a ello. Cuenta con alta conciencia estética. Ha vivido entre la ciudad y el campo sintiendo preferencia por el segundo entorno.

A1 - Mujer de 54 años sin alteración neurológica evidente. Había estado ante *Oraculum* una vez en su versión de pieza expuesta en sala de Museo. No cuenta con conocimientos sobre Neurociencia. No cuenta con conocimientos ni experiencia de la tecnología implicada. No cuenta con formación artística sólida. Nivel promedio de conciencia estética. Ha vivido principalmente en ciudad aunque pasa buena parte de su tiempo en entorno de campo y tiene una buena relación con este.

A2 - Mujer de 30 años sin alteración neurológica evidente. No cuenta con conocimiento previo sobre *Oraculum*. No cuenta con

conocimientos sobre Neurociencia. No cuenta con conocimientos ni experiencia de la tecnología implicada. No cuenta con formación artística sólida. Nivel promedio de conciencia estética. Ha vivido en el campo.

A3 - Mujer de 45 años sin alteración neurológica evidente. No cuenta con conocimiento previo sobre *Oraculum*. No cuenta con conocimientos sobre Neurociencia. No cuenta con conocimientos ni experiencia de la tecnología implicada. No cuenta con formación artística sólida. Nivel promedio de conciencia estética. Ha vivido en el campo.

5.3. Trayectoria y análisis del estudios

(A partir del 20 de abril de 2021) La descripción surge a partir de la bitácora de proceso que llevé como investigadora y de reflexiones posteriores. Quiero advertir que esta documentación es descriptiva y reflexiva, bajo ninguna circunstancia se hace un análisis ni psicológico ni psiquiátrico ni neurológico, mucho menos aseveraciones científicas de los datos obtenidos. Además reitero que el gran objetivo de este proceso fue reconocer y experimentar con tecnología que se utiliza para la obtención y uso de información de la actividad neuronal de un ser humano y/o para la creación de *Arte Neuronal*. En cada sesión de se muestra una imagen de la actividad neuronal del participante al rededor del minuto 15 de la observación, es sólo una imagen referencial.

DÍA 1

- *Traslado de Oraculum desde la Ciudad e México a la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán y definición del lugar en que habría de colocarse.*

El traslado de una pieza de arte suele ser un tema que requiere de cuidados que no se tienen con otro tipo de artículos, en estos casos el mínimo detalle importa para preservar la pieza de cualquier tipo de daño que pudiera sufrir, usualmente hay compañías encargadas de realizar los traslados en las condiciones adecuadas pero, dado nuestro entorno y recursos, debimos adecuarnos para hacerlo de modo austero pero en extremo cuidadoso para que la pieza llegara perfecta a su destino. Debo decir que siento profundo respeto por cualquier pieza artística elaborada con conciencia, sé de cierto que tras ellas suele haber arduo trabajo y empeño del creador así que trato de dar todo el respeto a cualquier objeto del arte, independientemente de mi gusto personal o comprensión de la obra; así fue tratado *Oraculum* en su traslado y en cada momento de este proceso.

Ya en el lugar, se decidió poner la pieza al aire libre dado que no se contó con ningún espacio interior en que cupiera en plenitud, lo que implica tanto las dimensiones del hipercubo como la distancia necesaria para los proyectores. Un espacio cerrado parecía importante para minimizar distractores, sin embargo, considerando que *Oraculum* tiene la cualidad de entrar en resonancia con el entorno y que ya había estado en funcionamiento al aire libre en presentaciones y

experimentaciones previas (lo que en no menos de una ocasión implicó condiciones climáticas de lluvia y viento), finalmente el colocarlo en el exterior parecía lo más conveniente; esto implicó el montaje y desmontaje diario de proyectores y equipos de computo, por lo demás, los materiales de *Oraculum* son resistentes a permanecer al aire libre en tanto se les dé limpieza y mantenimiento.

DÍA 2

- *Montaje de Oraculum en el espacio al aire libre destinado para hacer las observaciones.*

El montaje requiere de unas horas de dedicación y de hacerlo con precisión para uno lastimar nada, fue fundamental mi colaboración con el montaje de la pieza en otras ocasiones y que Antonio Isaac tiene una metodología y un kit de herramientas adecuadas y especiales para esta acción. El montaje de *Oraculum* es todo un ritual en sí mismo y el artista no deja que cualquiera lo realice, aunque ha sucedido es raro que permita el montaje de la pieza sin estar presente.

El montaje en las condiciones de esta ocasión es un poco más difícil que cuando se realiza en un espacio cerrado que se puede tener perfectamente limpio y donde se cuenta con el piso para tener a mano cada parte, nosotros estábamos en piso de tierra y con viento, no es la primera vez que *Oraculum* se monta en un sitio con estas características por lo que también se tenían ya una serie de previsiones dadas por la experiencia.

Finalmente, después de un par de horas se logró tener la pieza perfectamente montaña y realizar pruebas de funcionamiento ese mismo día, aún sin los participantes en el estudio, se trató de pruebas y estabilización tanto de la pieza como del equipo con que se obtendría la información neuronal, aunque uno tenga maestría en el uso de este equipo, en mi experiencia cada que se utiliza se debe revisar, jamás hay que confiar en que funciona sólo porque nos funcionó la vez anterior que lo utilizamos, es equipo que se puede desestabilizar con facilidad, desde la descarga de batería o la dependencia a la conexión entre la diadema y los equipos de computo, hasta la estabilidad de las aplicaciones que nos arrojarán la representación gráfica de la información neuronal.

DÍA 3

- *Primera observación sin Oraculum.*
- *Tiempo de observación 20 minutos por participante*

Este día todo había fluido bien pero el viento, considerablemente fuerte a media tarde, desprendió la pantalla grande de *Oraculum* al hacer un efecto vela, por fortuna no cayó y logré ajustarlo y tomar previsiones para no tener que estarla quitando y poniendo cada día y por fortuna esta día de observación con los participantes no se realizaría en *Oraculum*.

Y por fin a comenzar, después de varios años imaginándolo, ahora

Oraculum estaba montado junto al equipo de observación neuronal y los habitantes para poder realizar las observaciones. Temía no poder sentirlo como creo que debía, mi temor venía de que frecuentemente, en el trajín de los procesos olvidamos vivirlos con sensibilidad y lo lamentamos cuando ya pasó, pienso que los creadores e investigadores debemos sentir cada proceso pues suelen ser irrepetibles, usualmente por la naturaleza de lo que hacemos no tendremos más que una oportunidad en la vida de estar ahí así que me refiero a vivir cada momento, placentero y no, de modo que no terminemos con esa sensación de que hicimos todo como en automático. Recuerdo que estaba nerviosa pues, aunque contaba con experiencia en el uso de los equipos, estaba en una entorno donde difícilmente podría tener ayuda ante los imprevistos tecnológicos.

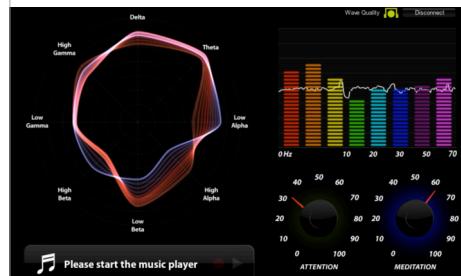
Como ya describí con anterioridad las sesiones de observación sin *Oraculum* se realizaron en una habitación donde se trató de eliminar el mayor número de distractores posible y donde sólo estaba yo (en silencio y monitoreando el registro de la actividad neuronal) y el participante en calma con la diadema neuronal en funcionamiento y la posibilidad de escribir en su bitácora. Se colocó una cámara para filmarlos durante cada sesión, lo que podría en un futuro ser interesante en cuanto a observar las expresiones de su rostro en relación a la representación gráfica de su actividad neuronal.

En el transcurso me di cuenta que había varias cosas a ajustar, desde

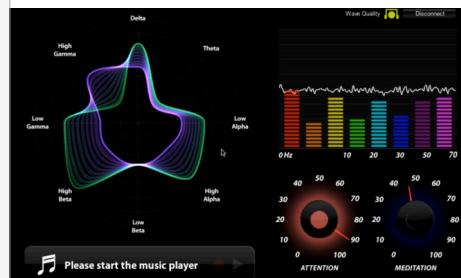
cosas básicas como poner en modo avión el teléfono que estaba utilizando como cámara de filmación o sistematizar mejor los procesos de higiene de los participantes para colocar la diadema en su cabeza, hasta definir la posición adecuada para cada elemento del sistema de observación neuronal en relación a aprovechar todo el tiempo de la obtención de datos. Este tipo de cosas a veces parecen detalles, y lo son, pero poner atención en ellos es lo que hace la diferencia entre obtener información sólida o no.

Los participantes parecían curiosos ante el equipo utilizado y lo que estaba sucediendo, sin embargo se les pidió no realizar preguntas y se advirtió que no habría muchas explicaciones sobre nada del estudio sino hasta que acabáramos con él. Con embargo tenían la libertad de escribir preguntas o reflexiones en su bitácora para ser retomadas al final del proceso. Aunque tenían la libertad de hacer lo que desearan dentro del espacio, en general estuvieron calmados, sin mucho movimiento, sentados, concentrados y en ocasiones frecuentes parecían estar aburridos y cansados, en este sentido pasaron cosas interesantes cuando, terminado el estudio, pude correlacionar lo que observé, las bitácoras, la actividad neuronal y lo que comentaron en la entrevista posterior, en varias ocasiones mi juicio ante lo que asumí que estaban experimentando era erróneo y lejano a lo que mostraron los demás parámetros.

C. Antes de iniciar expresó sentir mucha curiosidad por cada elemento del estudio. Estuvo en silencio, tranquilo y muy concentrado en su bitácora.



A1. Estuvo tranquila pero parecía dispersa en pensamiento, incomoda con el silencio.



A2. Sus ondas son diferentes, con mas longitud y menos amplitud que las de los demás. Mucho menos actividad de subida de atención y meditación, apenas alguna vez ha sonado en los primeros 12 minutos.



A3. Se perdió la información de la actividad neuronal de esta observación, la grabación de pantalla parecía funcionar correctamente pero al finalizar sólo había unos segundos de video, como si se hubiera congelado. Estuvo somnolienta y con energía baja pero con ansia de que la observación terminara, desconcentrada.

Tab. 12 Primera observación sin Oraculum

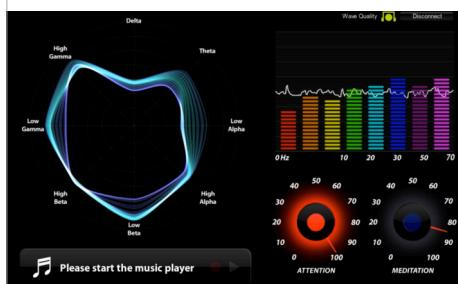
DÍA 4

- *Primera observación con Oraculum*
- *Tiempo de observación 20 minutos por participante*

Fue una sesión complicada para estabilizar los proyectores y el equipo de observación neuronal, como he mencionado, la estabilidad de una sesión no garantiza la de la siguiente. El inicio estaba programado a las 7:30 pm y pude comenzar hasta las 9:15 pm pero finalmente *Oraculum* decidió funcionar de manera quasi perfecta, esto no sólo significa el correcto actuar de los elementos tecnológicos sino también que comenzó a suceder la resonancia y finalmente el inicio tardío implicó que la sesión estuviera engalanada por la espectacular luna. No puedo dejar de mencionar mi emoción al estar por fin con la pieza encendida y el participante con el halo neuronal en funcionamiento; aunque ya había realizado observaciones, éste fue el momento en que, después de años, logré iniciar el estudio completo.

Esta sesión me llevó a reflexionar que *Oraculum* no es complaciente, no es siempre bello, sólo es y reacciona y genera la resonancia de la que habla Antonio Isaac. Personalmente me cuesta soltar la idea del Arte que complace pero, aunque sé del funcionamiento de *Oraculum* y he estado vinculada con él desde hace años, en este proceso me está dando una gran lección en lo no controlado, en dejar que fluya, que sea lo que es, que genere su propio estado anímico y de resonancia con el habitante. Yo también habité a *Oraculum* en cada sesión y generé mi propio estado de resonancia.

C. Inesperadamente realizó una ofrenda a *Oraculum*, una pequeña pluma y me obsequió una piedra suiseki. *Oraculum* estuvo particularmente energético y estable durante esta observación.



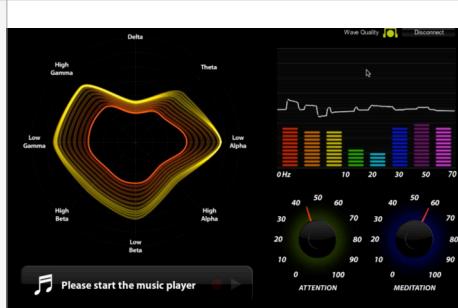
A1. Estuvo tranquila, anotando en su libreta, dudosa y somnolienta al inicio, conforme pasó el tiempo estuvo cada vez mas concentrada en *Oraculum*.



A2. Estuvo tranquila, con temple sólido pero calmo. En algún momento de su observación se fue el sonido de *Oraculum* y tuve una fuerte tentación de volver a echarlo a andar pero aguanté y reflexioné de forma profunda sobre *Oraculum* decidiendo su propio estado de ánimo a partir de la resonancia con el *habitante* y supe que debía dejar ser a la pieza tanto como a los participantes. Además el sonido de la noche, grillos, sapos, ranas... generó algo muy poderoso.



A3. Estuvo sentada y al final expresó, sin que se le preguntara, que una parte de la música le dio miedo y que se sintió mareada en algún momento de la observación (he presenciado más de una vez este efecto ante el habitar *Oraculum*). En general parece desconcentrada, como dejando pasar el tiempo por cumplir.

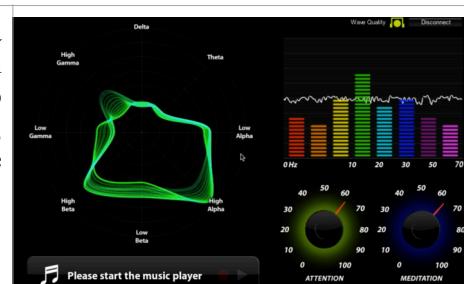


Tab. 13 Primera observación con *Oraculum*

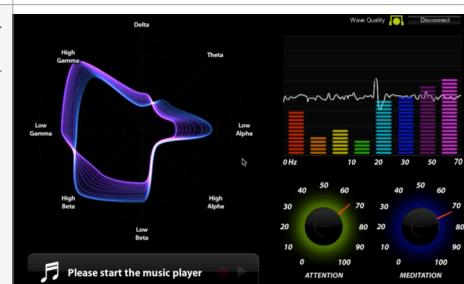
DÍA 5

- Segunda observación sin Oraculum.
- Tiempo de observación 20 minutos por participante

C. Al finalizar me preguntó si para la siguiente sesión puede traer un libro para estar leyendo. Estuvo tranquilo, en silencio reflexivo, contemplativo y frecuentemente concentrado en su bitácora.



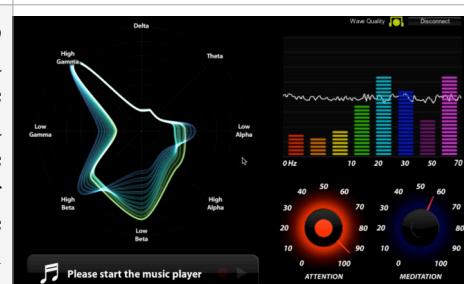
A1. Tranquila, en silencio y anotando constantemente en su bitácora.



A2. Calma, en silencio y anotando constantemente en su bitácora, parecía cansada pero no distraída de la sesión.



A3. Había estado jugando basquetbol en los minutos previos a la observación, así que al colocarle el halo neuronal la actividad estaba muy alta, rápida y con bastante amplitud. Estuvo anotando sólo por momentos en su bitácora durante toda la sesión, en silencio. Hacía el final estaba somnolienta.



Tab. 14 Segunda observación sin Oraculum

DÍA 6

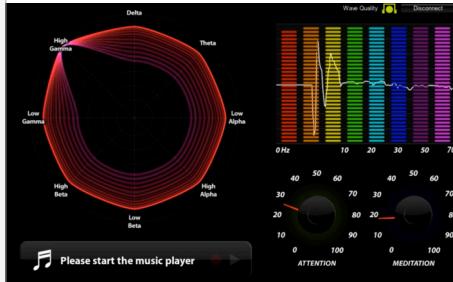
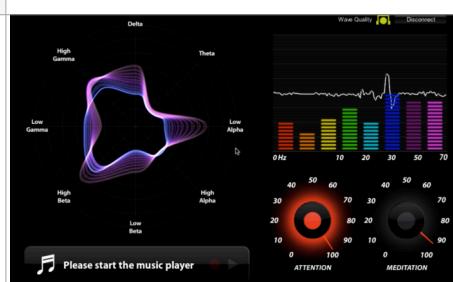
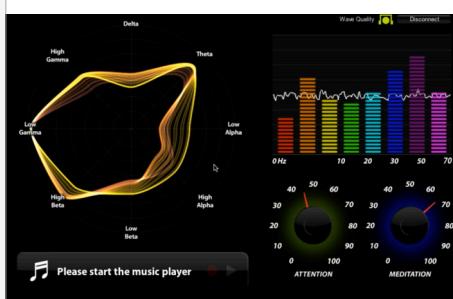
- Segunda observación con *Oraculum*.
- Tiempo de observación 20 minutos por participante

C. El ambiente se comenzó a sentir intenso, estable, no peligroso, pero con mucho movimiento interno y cambios de intensidad; todo esto se reflejaba tanto en el participante como en *Oraculum*. Fue un momento complejo, no complaciente ni bello.

A1. Aproximadamente 5 minutos después del inicio las pantallas se quasi sincronizaron como un canon visual que generó una energía interesante, tranquila pero activa, pacífica pero intensa y en algunos momentos muy atractiva. Hubo perdidas de datos en los primeros minutos pues el lóbulo de A1 es pequeño lo que provocó que se soltara la diadema (se solucionó colocando fijando la con cinta).

A2. Similar a la sesión pasada, parecería que no hay mucha resonancia más que superficial, se percibe resistencia de la participante, suele estar somnolienta y distraída. Es con quien *Oraculum* ha presentado más interrupciones y problemas técnicos.

A3. De nuevo hubo un estado de calma, poco movimiento pero mucha paz. Yo estuve tensa pues comenzaron a caer algunas gotas de lluvia, estaba lista con lo necesario para cubrir el equipo pero sabía que si la lluvia venía fuerte tendría que detener la sesión, afortunadamente logramos la observación completa.



Tab. 15 Segunda observación con *Oraculum*

DÍA 7

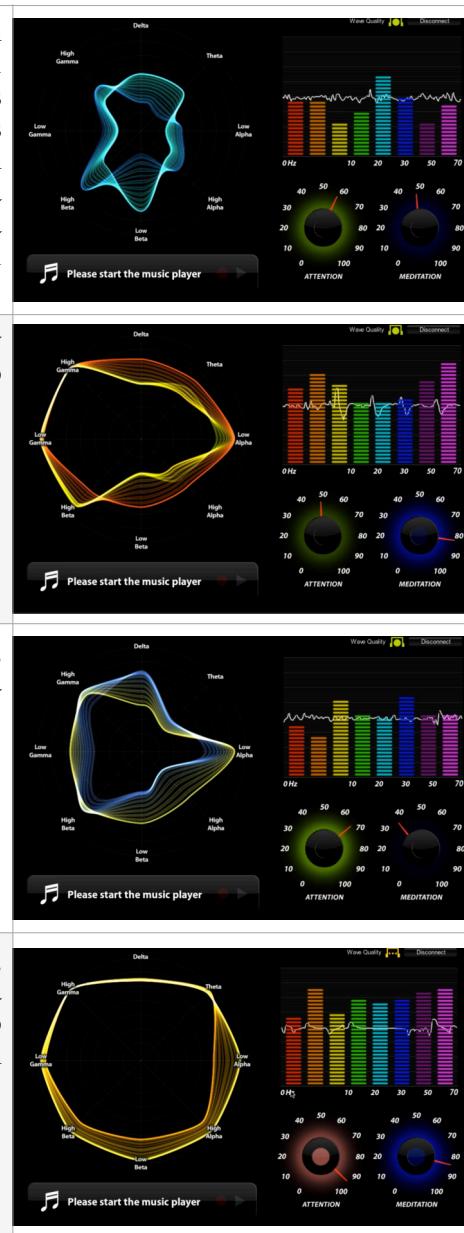
- *Tercera observación sin Oraculum.*
- *Tiempo de observación 20 minutos por participante*

C. Le había dicho que podía traer un libro pero me retracté dada mi reflexión sobre alterar las observaciones con actividades específicas. Estuvo tranquilo, en silencio y menos concentrado en la bitácora que otras ocasiones. Miraba fijamente a algún punto en el espacio por lapsos prolongados.

A1. Tranquila, en silencio, muy concentrada en su bitácora como cada sesión.

A2. Tranquila, atenta, en silencio, muy concentrada en su bitácora como cada sesión.

A3. Mismo estado de cada sesión, somnolienta, hoy parecía particularmente cansada, en silencio y con lapsos cortos de concentración en su bitácora.



Tab. 16 Tercera observación sin Oraculum

DÍA 8

- *Tercera observación con Oraculum.*
- *Tiempo de observación 20 minutos por participante*

C. En esta ocasión caminó bastante por *Oraculum* durante toda la sesión, buscaba todos sus posibles ángulos, lados y perspectivas. Parecía calmado pero con esta constante actividad motora.



A1. Tranquila, se desplazó por *Oraculum* mas que las otras veces por momentos. Atenta y todo pasó en calma pero con actividad constante entre la pieza y ella.



A2. El estado general que presenta, esa atenta calma, esa pasividad sólida y centrada. En general, en todas la sesiones, permanece en el mismo lugar, hay muy poco desplazamiento.



A3. Calma, parecía más resonante que las veces anteriores, estuvo todo el tiempo en el mismo lugar pero con ánimo altamente contemplativo hacia *Oraculum*.

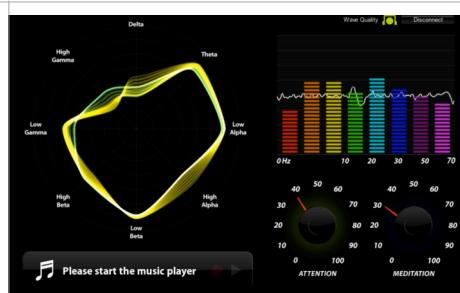


Tab. 17 Tercera observación con *Oraculum*

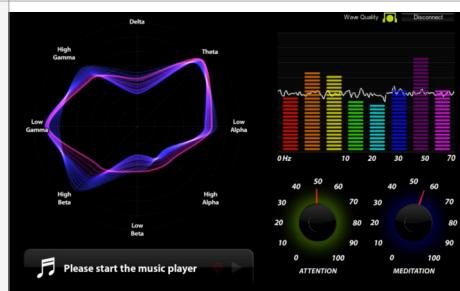
DÍA 9

- Cuarta observación sin Oraculum.
- Tiempo de observación 20 minutos por participante

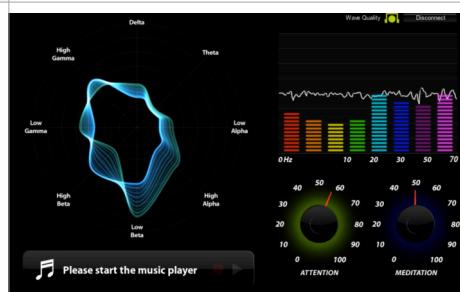
C. Tranquilo, contemplativo, en silencio, con sus lapsos de fijación de la vista en un punto. Anotó mas en la bitácora que la sesión anterior..



A1. Cada vez parecía más tranquila ante la situación, respiraba, se concentraba en su bitácora y se sentía menos confundida y ansiosa que en las sesiones iniciales. Estuvo en silencio.



A2. Presentó el estado acostumbrado en cada sesión, en silencio, tranquila, pasiva, concentrada.



A3. Estuvo menos dispersa que en sesiones anteriores, con su energía menos hacia el exterior y mas introspectiva. Dedicó mucho más tiempo a su bitácora que en las sesiones previas. Estuvo en silencio.

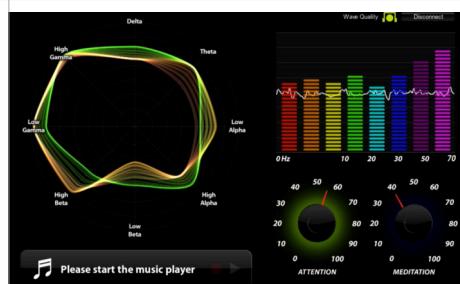


Tab. 18 Cuarta observación sin Oraculum

DÍA 10

- Cuarta observación con *Oraculum*
- Tiempo de observación 20 minutos por participante

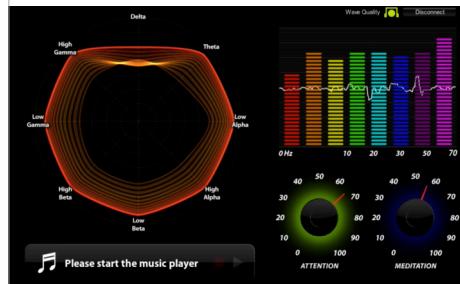
C. De nuevo fue una sesión activa, mucho movimiento tanto interno como externo, siempre muy concentrado en su vivencia con *Oraculum* que, como en cada sesión con él, estuvo muy estable y resonante.



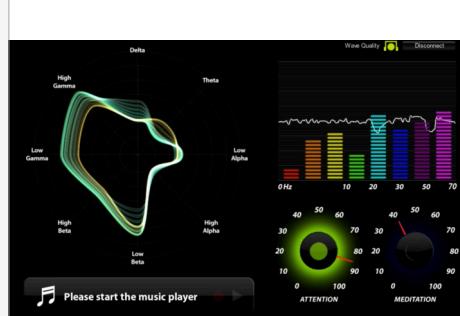
A1. Tranquila, de nuevo se desplazó bastante por *Oraculum*, percibiéndolo desde los distintos lugares posibles. Concentrada, a veces anotaba en su bitácora lo que no había hecho en sesiones anteriores con *Oraculum*.



A2. El mismo estado de cada sesión, tranquila, pasiva, concentrada, sin desplazamiento, con mucha estabilidad, tanto de ella como de la pieza.



A3 El registro se interrumpió en el minuto 00:07:30, la imagen en este caso corresponde a ese momento pues no lo pude recuperar. Siempre fue importante no interrumpir así que, ante los problemas técnicos, trataba de resolverlos pero sin parar la actividad. Estuvo tranquila, concentrada, sin mucho desplazamiento pero altamente contemplativa.

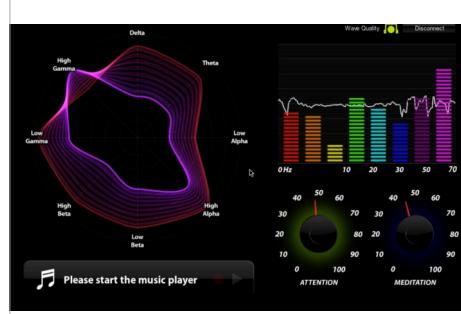


Tab. 19 Cuarta observación con *Oraculum*

DÍA 11

- Quinta observación sin Oraculum.
- Tiempo de observación 20 minutos por participante

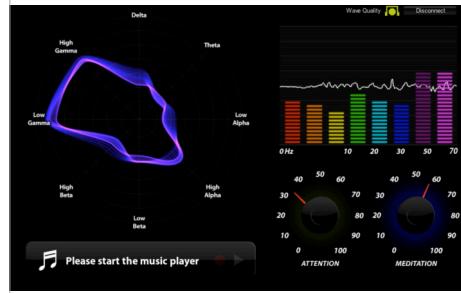
C. Estuvo algo distraído, en silencio, mas concentrado en las pocas cosas que lo podían distraer, algunos sonidos que se colaban, sombras que se generaban por una ventana, mucho menos concentrado en su bitácora que todas las sesiones anteriores y parecía bastante cansado (no de las observaciones, cansancio de su trabajo diario).



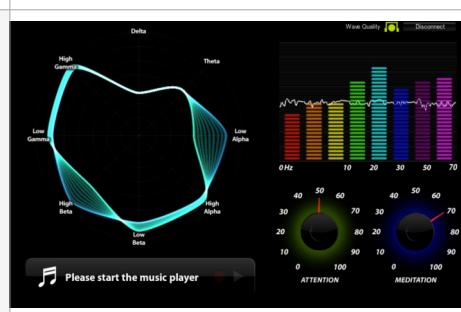
A1. Muy tranquila, concentrada en su bitácora, en silencio.



A2. El estado constante que ha presentado hasta ahora, tranquila, pasiva, concentrada.



A3 De nuevo se perdió la señal, en el caso de esta imagen corresponde al minuto 00:13:07. Estuvo tranquila, en silencio y hacia el final de la sesión somnolienta.



Tab. 20 Quinta observación sin Oraculum

DÍA 12

- Quinta observación con *Oraculum*
- Tiempo de observación 20 minutos por participante

<p>C. Estuvo más activo que todas las sesiones anteriores pero muy estable en cuanto al estado de ánimo que se había construido con <i>Oraculum</i> durante todo el proceso. Tuvo mucho menos actividad de desplazamiento que en otras sesiones, todo fue más contemplativo y anotó en su bitácora mucho más que en cualquier otra sesión con <i>Oraculum</i>.</p>	
<p>A1. Se perdió la información de esta observación, se perdió la señal entre la diadema neuronal y el brain wave visualizer y lo pude recuperar pero de modo intermitente por segundos. Estuvo tranquila, en silencio, muy contemplativa y poco concentrada en su bitácora.</p>	
<p>A2. Presentó el mismo estado que en cada sesión, tranquila, pasiva, concentrada, sin desplazamiento, con mucha estabilidad, tanto de ella como de la pieza.</p>	
<p>A3. Muy tranquila, mucho más que en cualquiera de las sesiones anteriores, por fin parecía estar resonando con <i>Oraculum</i>. No presentó desplazamiento, estuvo altamente contemplativa.</p>	

Tab. 21 Quinta observación con *Oraculum*

DÍA 13

- *Entrevista con cada participante.* Mas que una entrevista específica y guiada, se realizó una conversación donde cada uno relató su experiencia y pensamientos durante el proceso. Lo que se presenta a continuación es un resumen de lo que cada uno comentó durante dicha sesión, los elementos que mencionan están relacionados con los componentes de *Oraculum* pero hay que considerar la mediación del procesamiento de información de los participantes. Para este momento seguían sin tener mayores detalles ni del estudio ni de *Oraculum*.

C

Algunas cosas me sorprendieron de la obra, otras no tanto, me gusto que las mediciones fueran nada más en la noche. Me gustó la parte de que no supiéramos qué pasaba con las mediciones y que pudimos escribir lo que quisiéramos, me imagino que era como un control del estímulo. Me gustó la manera respetuosa en que lo manejaste para con la obra, dar la bienvenida y dar el espacio para que uno se moviera en la pieza.

Me acuerdo desde la primera sesión sin *Oraculum*, hice un ejercicio mental de un cuadradito con una x³⁰⁰ que quería resolver, como tenía tiempo lo intenté pero no me salió. Generalmente en las mediciones sin *Oraculum* me sentí a veces aburrido, a veces con sueño. En las mediciones con *Oraculum* dependía de la proyección, un par de días se me hizo un poco monótono y repetitivo. Me gustaron sobretodo los contenidos de naturaleza, eran los que más me hacían sentir bien, como alegre, ver una imagen y que te produzca felicidad.

Siento que me hubiera gustado ver la pieza tal vez más, yo sé que tiene su proceso y su forma dependiendo a donde vaya, pero siento que me hubiera gustado verla más completa, con mas caras con proyección como para ver

³⁰⁰ Uno de estos ejercicios mentales que recomiendan para entrenar la mente.

otras dimensiones. Auditivamente me gustaron mucho los sonidos que parecían digitales, que parecían salir cuando salían las imágenes de la luna, hubo unas que eran creo que aleteos de insecto, que se escuchaba como una vibración. Me gustaría saber qué estabas midiendo, ondas cerebrales de qué tipo, fluctuaciones de qué tipo, sé que no es tan específico pero si a grosor modo, porque sé que dependiendo, por ejemplo de si estas concentrado hay un proceso en tu cerebro en que sí puedes medir, ondas alpha, gamma y demás, o si estas distraído se producen otro tipo de ondas; además me gustaría saber cómo *Oraculum* afecta o influye en eso y si tu lo estas influyendo y hay una retroalimentación.

A1

Fue toda una experiencia rara, al principio tenía miedo, por inseguridad, por incertidumbre de que no sabía qué iba a hacer, pero conforme fue pasando el tiempo me fui tranquilizando y metiendo más a la situación, realmente al final lo disfrutaba mucho. No pude dejarlo de relacionar con cosas cotidianas mías, con mi familia, situaciones así. Fue una experiencia agradable, muy agradable. De las cosas que impactaron en mí estuvo el saber o pensar que... ver todas las imágenes es así como que bien padre y uno lo disfruta y hasta lo sufre porque no todas son tan agradables. Pero yo pensaba en el proceso para llegar a hacer todo eso que vimos, siento que es algo dificilísimo, con muchos problemas para llevarlo a cabo, y haberlo logrado y presentado fue muy importante y muy impactante. Aparte de eso hubo imágenes que, no sé si de alguna manera me reflejaban o me llevaban... una que me gustó muchísimo fue por ejemplo una figura que como que iba cambiando, como si estuviera haciendo gimnasia o yoga, iba cambiando consecutivamente los movimientos y la posición, yo así lo vi y eso me gradó, me traía. Y hubo cosas que no me gustaban, por ejemplo cuando veía los colores rojos muy encendidos, el sol o el fuego, en ocasiones no encontré qué era pero eso rojo no me agradaba; lo mismo que... como que había nubarrones o un cielo muy oscuro o muy gris. De ahí en fuera todo se me hacía agradable, las imágenes

del mar, lo de los insectos... y va relacionado con lo que sentí porque o me sentía identificada, feliz, contenta de ver algo que me estaba agradando, o veía algo que me desagradaba y me ponía triste, pesimista. De alguna manera cuando terminaban las sesiones trataba de reflexionar lo que había visto y lo que había hecho y pensaba que era muy raro y al mismo tiempo gratificante, porque veía cosas que en mi vida común no vería. En realidad no me pasó nada las sesiones subsecuentes a la primera, el primer día (y posiblemente el segundo) me sentí con un poco de dolor en una parte de la cabeza (inconscientemente su mano señala la zona hacia arriba odio derecho) y como inquieta y con un poquito de mareo, incluso con dolor de estomago, fue durante toda la sesión y cuando acabó se paró. Pero no pensaba que tuviera que ver, pensé que era una cuestión ajena y por la incertidumbre y el temor; en la sesión siguiente sin *Oraculum* lo sentí pero mas tranquilo, yo atribuí a que ya no me pasó porque me iba acostumbrando y dando cuenta de cómo iba a ser todo.

Desde el principio me pregunté, me inquietaba que me gustaría mucho ver cómo reaccionaba mi cerebro, siento que el cerebro es una incógnita tremenda porque, tantas funciones, tanto todo y no sabemos casi nada de él, bueno yo en lo particular y me preguntaba ¿cómo está funcionando?, ¿qué resultados va a haber?, ahorita que sentí esto ¿qué pasara con mi cerebro?, me estaba preguntando y no contestándome pero... me hacía las preguntas.

Me gustó participar porque, es mas vivencial, lo estoy viendo, incluso alomejor hasta lo pude haber tocado, todo lo que veía y sentía me habría un panorama enorme a muchas que yo no tenía ni idea. Me gustó trabajar en la obscuridad, como que no había tenido tanto estas experiencias, un mundo vivo dentro de la noche. Cuando lo hicimos sin *Oraculum* también fue agradable porque ahí sí podía escribir gracias a la luz. No sé porque decidí estar escribiendo durante las sesiones, es una costumbre que tengo, si tengo un papel me pongo a escribir y escribir y escribir o hacer rayitas, siempre lo he hecho, para mi fue sacar, un desfogue de lo que percibía, sentía, me

imaginaba. En cada sesión pensaba que, sólo esperaba que se obtuviera el resultado que se necesitaba para lograr los objetivos, que el estar nosotros participando generara que tu tuvieras los resultados deseados, y decía -¿y si por actuar de una u otra manera se echa a perder el trabajo?- pero me fui dando cuenta de que no, que lo único que tenía que hacer era meterme en lo que estaba viendo en ese momento e ir canalizando mis pensamiento, por eso era que también escribía.

Yo no había entendido la importancia de esto, para mí antes era una pantalla y nada mas, pero no sabía la importancia y por qué los cuidados, son cosas con las que uno no tiene contacto regularmente.

A2

Al principio era mucha curiosidad, quería estar yendo a ver atrás (señalando la computadora) porque supongo que debe haber algo que se está moviendo con mis neuronas en el momento en que yo estoy viendo (*Oraculum*); tenía mucha curiosidad pero de repente, como era tarde, con el cansancio me daban ganas de dormir. Como en dos ocasiones, cuando tenía la diadema neuronal como que sentía, no sé si era yo o por lo que tenía puesto, un pequeño dolor aquí (señala sus sienes) pero muy pequeño.

De *Oraculum* me da curiosidad ¿porqué hay dos pantallas?, ¿por qué no tiene en todos lados?, cuando yo tengo la diadema ¿se está moviendo algo de las neuronas?, ¿por qué se hace en la noche?, ¿por qué una sesión con *Oraculum* y otra sin *Oraculum*?, ¿qué son unas campanillas que suenan?³⁰¹.

Me gustó participar en la experiencia, me pareció interesante, en el momento tenía muchas preguntas, ahorita se me olvidaron la mayoría. Las primeras veces fue muy relajante, al final de las sesiones me sentía mas relajada. A

³⁰¹ Estas campanas suenan cuando al Brain Wave Visualizer detecta altos estado de atención y/o concentración.

veces era pesado considerando el trabajo del día a día, sobretodo hacia las últimas sesiones. Estando en Oraculum me relajaba y me daba sueño. Hubo un robot que tenía una persona amarrado, no sé si se movía con los movimientos de la persona, pero ese me impactó y me dio un poco de miedo. Siento que me enfoqué mas a las imágenes y no puse mucha atención a todo lo demás.

A3

Al principio tenía como miedo o nervios, no sabía si iba a sentir algo raro, algún dolor o algo extraño porque se trata del cerebro; pensaba a la vez que no podía ser algo grave o malo, pero el pensar en qué iba a sentir me causaba miedo. Al principio tenía dolor de cabeza, algo extraño como... ni si quiera lo sé explicar, pero luego ya era una especie de relajamiento, algo muy fuerte, pero no sé si era de los mismos nervios y la música que se escuchaba muy relajada.

Después me empezó a llamar la atención lo que se veía en cada pantalla y pensaba, y cuando ya puse mucha atención empecé a ver muchos desastres, cero humanidad, muy poca vida y dije, esto es desastre. Y luego eso pasaba en una imagen y en otra había mariposas, algunos seres vivos; eso fue casi en la penúltima sesión, de hecho me concentré para no quedarme dormida y ver qué relación tenía todo eso con los humanos pero ya no pude poner la atención, me quedé dormida. Creo que el estado de dormida era diferente al de mi día normal, normalmente tengo problemas para dormir, necesito estar muy muy muy cansada y aquí si lo siento como algo... no sé si la relajación de estar ahí, la música, no sé pero fue más fuerte, me quedaba dormida, incluso soltaba las cosas. Eso me pasó desde el inicio (la primera sesión), me empezaba a dar sueño, era fuerte lo que sentía. Además dos días sentí mareos, incluso con ganas de vomitar, el tercer y cuarto día, entre el sueño y el cansancio, lo sentí como algo anormal, llegué a pensar si estaba afectando a mis neuronas lo que estaba pasando, pero luego ya no me volvió a pasar.

Y me preguntaba, qué pasa ¿es como una película?, yo preguntaría ¿qué relación hay entre eso que vimos y nosotros (los humanos), porque yo sí lo relacionaba pero ustedes en su estudio, ¿les ayuda a saber qué está pasando?, ¿qué estamos pensando?, ¿en qué les sirve a ustedes?, por ejemplo las mariposas o las medusas ¿qué tienen que ver con lo que pensamos?

Lo que más me impactó fue ver los desastres, el miedo a pensar que eso nos puede pasar, aunque no alcanzaba a entender a veces si el estar viendo eso nos hacía mover el cerebro o qué. Y ver la relación entre la vida que tenemos que se va yendo, muy lento, para todos, muy pocos seres vivos se ve que van a poder lograr sobrevivir. Te hace razonar y ver todo lo malo que estamos haciendo y que por mucho que uno que haga es muy poco el impacto para poder ayudar a lo que ya se está acabando, eso fue lo que pensé, no sé si fue mi imaginación o mi mente que de repente está pensando en eso pero... no sé si sea eso lo que me hacía relacionar, el que traigo esta espinita de ayudar, de hacer un poco mas para los que les va a tocar más difícil.

Me gustó participar, porque experimentas, sí tenía el miedo, a mi edad que ya me siento como desgastada pensaba en si me podría afectar pero a la vez decía ¿qué puede pasar?, no creo que vaya a ser algo que nos afecte. Al final me sentí bien porque me he sentido muy tranquila, muy relajada, me he quedado tan dormida que no sé de nada, normalmente yo duermo pero sueño cosas que pensé en el día o que incluso me dan miedo, por eso yo te decía que ni me dijeras lo que supieras porque creo que estoy loca ya, porque normalmente mis sueños son pesadillas y ahorita has de cuenta que estoy como, no sé nada, he dormido tranquila.

RECAPITULACIÓN

El objetivo de este capítulo fue exponer el desarrollo de la experimentación realizada con los instrumentos indicados para obtener

evidencia del funcionamiento neuronal, una experimentación centrada en el uso y conocimiento de dichos instrumento y el resguardo de la evidencia obtenida como material de creación e investigación futura. Se reiteró que no se pretendió realizar ningún tipo de análisis psicológico o neurológico de los participantes. Con la colaboración del artista Antonio Isaac se logró trasladar una versión simplificada de *Oraculum*, lo que no implicó la pérdidas de ninguna de las cualidades fundamentales de la pieza, a la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán en el Estado de Hidalgo donde se contó con lo necesario para realizar el estudio en tiempo y forma.

Para exponer el desarrollo de esta experimentación observamos que el estudio se realizó a través de *Oraculum* como la plataforma y la pieza artística con la que interactuaron los participantes quienes portaban un halo neuronal MindWave Mobile 2 EEG, que nos permitió la obtención de datos a partir del contacto con la zona externa al lóbulo frontal, con ello obtuvimos una representación gráfica de ocho parámetros de frecuencia neuronal: Delta, Theta, Alpha Bajo, Alpha Alto, Beta Bajo, Beta Alto, Gamma Bajo, Gamma Alto; además de medidores de estado de atención y estado de meditación. Se realizaron diez sesiones de observación y obtención de datos con cada participante del grupo muestra conformado por cuatro personas (C, A1, A2 y A3) sin ninguna alteración neurológica evidente y sin conocimiento ni vínculo previo con *Oraculum*, quienes llevaron una bitácora durante todo el proceso promoviendo así la obtención de datos

tanto objetivos como subjetivos.

La descripción de los elementos y características del estudio nos permitió pasar a la muestra de evidencias obtenidas, presentando algunas imágenes de la información gráfica que se obtuvo en cada observación con cada participante, además del resumen de la última conversación que sostuve con cada uno de ellos, en la que relataron su experiencia durante el estudio.

Este capítulo cierra la tesis que transita por un recorrido desde la teoría hasta la práctica, que permite reconocer a los distintos elementos implicados en el *Arte Neuronal*.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta tesis fue observar conocimientos que nos permitan comprender el fenómeno de la relación entre la Neurociencia, la ciencia que "ha abordado en profundidad no sólo el estudio de las neuronas a título individual y de las conexiones específicas que generan, sino también del ensamblaje de los circuitos neuronales."³⁰² y la Neuroestética, que establece las bases biológicas y neurológicas de la experiencia estética, así como las bases orgánicas y funcionales que contribuyen a crearla, procesarla y entenderla. Proponiendo al *Arte Neuronal* para designar una corriente del Arte que ha sucedido a partir de, por un lado la conexión consciente entre el fenómeno neuronal, el del funcionamiento del *sistema nervioso central* y sus células fundamentales, las neuronas; y por otro la obra artística, desde la creación hasta la percepción; observamos que las obras del *Arte Neuronal* son aquellas que utilizan la tecnología para conectar, incitar y obtener información evidente del suceso neuronal dentro del cuerpo humano e hicimos un recorrido por algunas obras significativas que pueden circunscribirse a esta corriente. Además se presentó evidencia de un estudio de caso donde *Oraculum*, una obra procesal del artista mexicano Antonio Isaac fue la plataforma de investigación para obtener información neuronal del vínculo entre un grupo muestra de personas y la obra de arte.

A raíz de lo dicho planteamos *bases teóricas* adoptando las

³⁰² Blanco, 2014:127

perspectivas de la *simplicidad*, la *complejidad*, la *disciplina*, la *interdisciplina*, la *transdisciplina* y la *neurofenomenología* en su cualidad de encuentro entre lo *objetivo* y lo *subjetivo*. Concluimos que estas bases en conjunto exigen un trabajo mental demandante pero que nos permiten colocar la mente en el estado adecuado para entrar en la profundidad y pertinencia del tema, alejándonos de la especulación y la suposición de que colocar una palabra científica en el título de una obra de arte la convierte en aquello que enuncia; cuando hablamos de *Arte Neuronal* hablamos de aquel que utiliza de manera consciente y fundamental el funcionamiento neuronal como elemento de creación y percepción no únicamente palabras o la aseveración de que cualquier obra que implique la activación neural y neuronal, ósea todas, es una obra del *Arte Neuronal*. Esto no llevo a reflexionar la relevancia de los “opuestos inseparables” para la comprensión de fenómenos que no residen en uno u otro sino en su interacción, por ejemplo: simplicidad-complejidad, cosmos-caos, orden-desorden, vida-muerte, estabilidad-inestabilidad, etcétera. Además de reconocer la necesidad de ir a territorios de incertidumbre, caos, distintas formas de relación de la información que no siempre son las cotidianas para la mente humana, que nos desestabilizan y nos piden esfuerzos mentales.

Si sumamos dichas bases teóricas a las bases fisiológicas que constituyen el funcionamiento neuronal del cuerpo obtendremos una mirada amplia que no lleva a alejarnos aún mas de la especulación. Para ello realizamos un recorrido desde la observación del

funcionamiento corporal a partir de una visión por sistemas, ese decir conjuntos de órganos y estructuras que se relacionan para realizar funciones específicas en el cuerpo, partiendo del *sistema nervioso central*, la neurona y los sistemas sensoriales, como partes del funcionamiento corporal directamente relacionadas con el vínculo estético entre el ser humano y el mundo, y más allá, con el vínculo artístico, ya sea como creadores o como perceptores. Dicho recorrido nos permite adentrarnos posteriormente en el proceso fisiológico de la información, desde que ésta es internada en el cuerpo hasta que se convierte en información desecharable o significativa, a transformarse en emociones, sentimientos, ideas, pensamientos, posturas o formas de expresión. Desde la *senso-transdu-percepción*, pasando por la *memoria*, la *experiencia*, la *abstracción*, el *razonamiento*, la *expresión*, la *construcción de la realidad*, hasta la *neuroplasticidad*, reconocemos bases fisiológicas que forman parte de los procesos relacionados con las obras del *Arte Neuronal*. El capítulo de las bases fisiológicas tiene altas cualidades de divulgación pues deviene de un proceso metodológico personal que implicó pasar información proveniente de documentos de neurociencia dura por la lectura, reflexión, reafirmación, significación y resignificación, relación con otros campos de conocimiento, realización de ejercicios expresivos que me permitieron reconocer el nivel de asimilación para finalmente relacionarla con el Arte, todo esto desembocó en una recopilación de información neurocientífica relacionada con el tema que nos compete, pero presentada de manera comprensible pero sin dejar de ser

fidedigna y consistente.

A este punto podemos notar que ha sido un largo recorrido de esta tesis para llegar por fin al *Arte Neuronal*, que gira en torno a toda producción artística que implica el conocimiento y uso consciente del funcionamiento neuronal humano, tanto en la creación como en la percepción, materialidades ancladas a los lenguajes artísticos tradicionales pero mediadas por tecnología que permite el uso del conocimiento y funcionamiento neuronal y fundamentos teórico-prácticos basados en la senso-transdu-percepción y el funcionamiento neuronal. Las características del *Arte Neuronal* están fuertemente impulsadas por la tecnología, tomando como punto de partida a Alvin Lucier en el siglo pasado utilizando sensores transcraneales y procesos de sonificación analógica para realizar *Music for Solo Performer*, un concierto impulsado por la energía neuronal en su lóbulo frontal. Dicha tecnología no es nueva pero se ha sofisticado a tal grado que hoy es más asequible, en todos sentidos, para generar procesos como esta investigación; en la actualidad contamos con electroencefalografía digital, sonificación de alta resolución, sensores transcraneales secos, equipos de computo y las aplicaciones que nos permiten la obtención de información cada vez más precisa de lo que sucede en nuestro cerebro.

Además de lo referente a la tecnología, concluyo que hay dos momentos contundentes del *Arte Neuronal*, el primero con

experimentaciones en las que la vibración generada por el funcionamiento neuronal es la base de la creación, pero en el que no contaban con tecnología sofisticada ni muy asequible; en estas experimentaciones no se llegó, probablemente ni si quiera tenían el interés, al control de la configuración estética y conceptual externa lo que resulta en obras poco complacientes para el público como *Music for Solo Performer*. Y un segundo momento correspondiente aún a nuestra época, en que por un lado el control estético y conceptual tomó relevancia, para el creador y como oferta puntual para el público, yo diría incluso que cae en la complacencia en muchas ocasiones; y por otro hay un importante uso de los lenguajes tradicionales del Arte y la Filosofía, aunque el impulso creador fundamental se trate de la energía detonada por el funcionamiento neuronal humano, la configuración estética y conceptual se recarga en la pintura, la música, la instalación, la imagen, el sonido, etcétera, a través de elementos artísticos tradicionales para nuestra época y que permiten mostrar la actividad neuronal. Esta tesis quedará en la espera del futuro del *Arte Neuronal* con una enorme interrogante pues no logra dilucidar si ese futuro existe o hemos llegado ya a la máxima expresión de este tipo de producción artística.

En cuanto al Estudio de Caso realizado, basado en la obra *Oraculum* como plataforma de observación de fenómeno neuronal, es relevante notar como una obra artística de esta índole tiene el potencial, no sólo de ser un objeto estético-artístico, sino de permitir la obtención de

información que abona a la construcción de conocimiento promoviendo por sí misma una relación compleja y enactiva con sus habitantes. El proceso del estudio, enfocado en el uso y conocimiento de los instrumentos tecnológicos necesarios para realizar una experimentación vinculada con lo neuronal y lo artístico, permitió la obtención de datos de parámetros de frecuencias neuronales Delta, Theta, Alpha Bajo, Alpha Alto, Beta Bajo, Beta Alto, Gamma Bajo, Gamma Alto, además de estado de atención y estado de meditación, mientras el grupo muestra estaba habitando a *Oraculum*. Concluimos que el uso de la tecnología implicada requiere de un alto grado de preparación y concentración, se trata de tecnología no cotidiana y en ocasiones inestable en cuanto a la conexión entre unos y otros elementos, aunque contemos con experiencia cada vez se deben revisar una serie de cosas para asegurar que tendremos éxito en su uso. Por otro lado es tecnología confiable que utilizada de modo adecuado nos proveerá de la información prevista pero hay que considerar que obtendremos son representaciones gráficas de la actividad neuronal que por sí mismas no nos dicen mucho, posterior a la obtención de los datos hay que realizar el análisis e interpretación de los mismos (actividad que queda como complemento futuro de esta investigación); quisiera remarcar que durante el estudio fue de suma importancia llevar una bitácora de proceso de cada participante con la intención de contar con información tanto objetiva como subjetiva para contrastar.

Está tesis fue un trabajo arduo, que personalmente exigió cada uno de

los esfuerzos mentales que he mencionado a lo largo del texto, cada parte está escrita a partir de muchas horas de estudio y reflexión lo que me permitió notar que, la variedad de los temas abordados es proporcional a la complicación para estructurarlos de manera mínimamente ordenada y comprensible, sé que normalmente se pide el enfoque puntual en este tipo de investigaciones sin embargo la decisión de tratar de tocar todo aquello que en mi cabeza está relacionado con el tema fue muy grande, así que espero que esta tesis logre el objetivo de promover el interés y la divulgación sobre el *Arte Neuronal* y que permita a investigadores, creadores, amantes del conocimiento, etcétera, contar con un panorama suficiente como punto de partida para cosas más profundas e interesantes. A todo aquel que tuvo la paciencia de llegar hasta aquí GRACIAS.

ANEXO

Entrevista a Antonio Isaac

14 de noviembre del 2022

¿Qué es Oraculum?

Veo a *Oraculum* como una pieza, una obra o un objeto del arte, procesal, con características o con carácter transdisciplinar, que está en permanente evolución y que me ha permitido ir encontrando diversas manifestaciones artísticas dentro de mi propio quehacer creativo. Al mismo tiempo es una plataforma (al menos así fue conceptualizado desde los primeros momentos en que lo imaginé) que promueve la actividad interdisciplinar de creación artística. Al día de hoy *Oraculum* tiene tres diferentes manifestaciones: en una instalación interactiva con contenidos multimedia generativos y bioreactivos; es un espacio escénico autocontenido para manifestaciones de distintas áreas de las artes del tiempo; y es una exploración a través de realidad virtual, intervención sonora y manifestaciones artísticas interdisciplinarias.

*¿Por qué *Oraculum* es una pieza de tipo transdisciplinar?*

Oraculum es un proceso, desde esa perspectiva es en realidad un proceso interdisciplinar, no obstante

A

desde 2010, *Oraculum* ha tenido que transitar desde el proceso hasta la muestra de resultados y en el momento de condensación de esos resultados, por ejemplo cuando fue instalado por primera vez en China, en la *Exposición Universal de Shanghái* en 2010, no puede ser, por definición, un proceso sino se transforma en un algo generado por ese proceso que, dadas sus características, integra más elementos de índole transdisciplinar que interdisciplinar, esto es, desdibuja cuál es el origen exacto de esta pieza, si una instalación, si una exposición de micro arquitectura ortogonal, si una plataforma para ejecución en vivo de intervención sonora a través de síntesis modular, si un habitáculo para un evento escénico... Esos son algunos de los componentes, ese desdibujar cual es el origen disciplinar que tiene, es algo que desde mi perspectiva lo hace merecedor de un título como *transdisciplinar*.

*¿Cuál es la base conceptual de *Oraculum*?*

Oraculum está basado conceptualmente en un espejo cuatridimensional, dado que está soportado sobre el hipercubo, proyectado en la tercera dimensión a través del espectro que podemos

habitar en este plano de existencia tridimensional donde estamos atrapados, de este primer sólido platónico cuatridimensional. Este hipercubo y esta cuatridimensionalidad, conceptualmente nos permiten ver arriba, abajo, de un lado, de otro, al frente, atrás, por dentro y por fuera, de forma simultánea. La adaptación de esta conceptualización es lo que me ha llevado al encuentro de múltiples materiales y diferentes soportes físicos que me permiten acercarme a esa manifestación. Conceptualmente *Oraculum* debería ser un lugar que en el momento de habitarlo, me permitiera desaparecer de este plano de existencia y aparecer en ese otro plano cuatridimensional de manera instantánea; atrapado por la tecnología de mi tiempo, lo único que puedo hacer es aproximarme a través de este espectro que es la proyección tridimensional de este primer sólido platónico.

*¿Cuál es el fundamento energético de *Oraculum*?*

Hay dos fundamentos energéticos de *Oraculum*, como dije anteriormente, estoy atrapado por la tecnología de mi época, si pudiera haría que todo *Oraculum* fuera sólo energía, pero necesita todavía de algunos medios materiales para poder existir de manera apreciable bajo nuestra

perspectiva actual en este plano de conciencia; no obstante los dos fundamentos energéticos con los que trabaja la pieza son, por supuesto por un lado la luz, que es bastante obvio porque todo el Arte que podamos apreciar con los ojos funciona con la luz, pero en este caso *Oraculum* la trabaja a través de los lienzos de proyección digital, es decir constantemente está tratando de acercarse hacia la desmaterialización de la obra, tanto en materia (es decir en el espacio) como en tiempo (es decir en total y completo movimiento), y además frente a un proceso permanente que hasta este momento ha sido inacabable o que sigue justamente su curso. Esa sería la primera parte, energía fotónica o energía lumínica sería el primer fundamento, *Oraculum* necesita de fuentes lumínicas con ciertas características especiales que son las que se proyectan en los lienzos de proyección digital.

La segunda, probablemente más importante, es la presión sonora, es decir la energía de la vibración que trabaja tanto con el sonido como con la propia oscilación de la pieza en términos materiales. El sonido en una manifestación sonora que va desde las subfrecuencias hasta el ultrasonido pasando por todo el rango audible humano y que hace que tengamos sensaciones expandidas de nuestra percepción

muy similares a los estado de conciencia inducidos, en este caso sin uso de ninguna substancia ajena al cuerpo más que las que producimos por este tipo de experiencias. Además, las dos celdas principales de *Oraculum*, el cubo exterior o el cubo interior si le queremos llamar de esa manera, vibran en una resonancia simpatética con las dos principales cavidades de resonancia del cuerpo humano: el tórax y el cráneo. Entonces, sin duda, la vibración, la presión sonora, la oscilación, es el segundo fundamento energético de la pieza. En resumen, por un lado la luz por el otro lado el fenómeno sonoro ampliamente explicado, no nada más lo que escuchamos sino todo el fenómeno vibratorio.

*¿Cómo es y cuál es la base material de *Oraculum*?*

Oraculum está constituido por una estructura con base en aluminio aeroelástico que localicé después de una búsqueda exhaustiva. Es una aleación de aluminio que tiene patente en Alemania, que es con la que se fabrican muchas cosas en el mundo altamente especializadas y que tiene la particularidad metalúrgica de poder vibrar mucho sin la fatiga que normalmente encontraríamos en otro tipo de metales, esto lo hace altamente flexible, altamente vibrante y muy

resistente. Porque la iteración actual, hablando en el 2022, de *Oraculum*, está pensada para poder ser instalada no nada más en los grandes centros de Arte del mundo sino también en universidades, bibliotecas, plazas públicas, bodegones; una serie de lugares probablemente diferentes o no propicios para una instalación artística, pero que cada vez con mayor fuerza se van haciendo dignos de apropiación de diferentes acciones de tipo artístico.

Y por el otro lado, los lienzos de proyección digital, que son para decirlo en manera simple, una suerte de pantallas que permiten una proyección, donde con cierta característica luminosa esta proyección es completamente sólida y con otra cierta característica lumínica se vuelve prácticamente transparente, de modo que se juega permanentemente con el concepto ilusorio de la holografía, pero sobre todo de la posibilidad de la visualización de distintos ángulos de manera simultánea, sin que la tridimensionalidad sea un obstáculo para lograrlo. Esta tecnología se usa desde hace muchísimo tiempo, sobre todo en el territorio de índole teatral; por ejemplo el antecedente directo son las mayas de diente de tiburón, pero en el caso de *Oraculum* es algo que está tan cerca y tan evidente del habitante de la obra, que es como le llamo al espectador que está en torno a ella y que la conforma en sí

misma, que es imposible utilizar esas mayas de diente de tiburón; entonces se fue avanzando poco a poco, con mucho esfuerzo y muchísimas pruebas de fallo y acierto, hasta llegar a los actuales lienzos de proyección digital que utiliza *Oraculum*. Estas pantallas tienen un grado de ganancia muy alto, gain que es el término paramétrico que se utiliza en inglés, que permite atrapar la luz; pero también tiene una multiperforación que permite ver al otro lado; están hechas de seda y nylon. Entonces, los fundamentos materiales son: por un lado el aluminio aeroelástico; por otro lado los lienzos de proyección digital constituidos por esta mezcla, este entretejido, de seda y nylon.

Oraculum también implica proyectores y altavoces ¿Estos son parte de la pieza?

Toda la instalación es la pieza; no nada más es la estructura de aluminio, los lienzos de proyección digital, los proyectores; hablaba yo de la importancia de los elementos energéticos lumínicos (ahí por supuesto incluimos los proyectores) y los elementos de presión sonora, los altoparlantes. Todo eso es controlado por dos sistemas de inteligencia artificial (que es un sistema en realidad de computo, y es sistema porque está compuesto por dos elementos computacionales de alto desempeño) que van con una serie de biosensores que detectan,

no a nivel individual sino a nivel promediado a los habitantes de la propia pieza, su estado anímico así como diferentes componentes biométricos; con lo que *Oraculum* define qué es lo que va a desplegar, es decir, no se ve siempre el mismo contenido sino constantemente está cambiando o está siendo afectado o influido por quien está presenciando la obra. Entonces todo eso, toda la instalación completa, el alrededor y la forma en que está instalada (por ejemplo en el recinto donde se recibe, siempre debe estar en un ángulo específico de acuerdo al propio recinto, para romper simetrías no deseadas, para buscar una serie de puntos de fuga estéticos, etcétera), son la obra en sí; no es solamente el aluminio, solamente los lienzos, solamente los proyectores, ni solamente el sistema de sonido envolvente periférico, sino que es la forma en la que todos estos componentes interactúan.

Siendo una obra compleja ¿Cuáles son los retos tecnológicos que has enfrentado?

Bueno, *Oraculum* es un objeto del arte, una creación, desde esa perspectiva, aporta tecnológicamente algo que no existía previamente; hemos trabajado con la luz y la sombra, con velas y transparencias desde hace decenas de años, sino es que varios

siglos, pero no existía una forma en la que los proyectores interactuaran de la forma en la que interactúan con *Oraculum*, entonces constantemente está aportando, en el territorio o sobre los hombros de tecnología ya existente, una forma de aplicación diferente y eso en cierta medida va generando nueva tecnología. Podemos pensar en una comparativa como cuando hablamos de una nueva batería de grafeno, el concepto de las baterías por electrólisis existe desde los egipcios, pero las nuevas baterías de grafeno tienen la cualidad de interactuar de manera diferente químicamente para poder proveernos de un flujo de electrones; así *Oraculum*, aunque trabaja sobre tecnologías aparentemente ya existentes, las va modificando, las va interconectando de tal suerte que va proponiendo una nueva forma tecnológica. El primer reto de *Oraculum* tecnológicamente hablando es crear la tecnología para que pueda existir, no hay tal cosa como “voy a comprar componentes para hacer un *Oraculum*”, como probablemente podría hacerlo en algunas otras formas artísticas donde puedo ir a comprar un lienzo y tales o cuales pinturas para poder pintar, aquí tengo que inventar el lienzo, tengo que inventar el pincel y ciertamente también tengo que inventar la pintura; y no es que no existiera previamente, existía el papiro, existía una vara y los

componentes químicos, pero la forma de trabajarlos para generar un cuadro tienen todo un transcurrir tecnológico muy importante. Me parece que ese sería el principal reto, obviamente tecnológicamente podemos profundizar mucho más acerca de cómo se conectan los sistemas entre sí, qué es lo que hacen o cuáles son los algoritmos de inteligencia artificial, cómo se programan, cómo se obtiene cada uno de los contenidos que se van a desplegar en *Oraculum*, qué es lo que hace que podamos trabajar con infrasonido, por qué las bocinas tienen cualidades para reproducir ultrasonido que no es audible (cuando menos no aparentemente) para los seres humanos, etcétera; pero efectivamente el gran reto ha sido: la creación de tecnología para la obra en sí misma.

¿Cuáles son los retos socioculturales que has enfrentado? Probablemente el más importante es poder explicar, en un contexto artístico en México, que está muy acostumbrado al Arte tradicional, que una manifestación tecnológica o con alta tecnología pueda tener cualidades también altamente artísticas. Eso conlleva una serie de preguntas, una serie de cuestionamientos; todos por supuesto siempre válidos, no necesariamente bien documentados

pero validos; que han sido en algunos casos, en la mayoría, efectivamente más un reto a vencer que una ayuda; me han dicho muchas veces, por falta de entendimiento de la obra, que poner un proyector con una pantalla no es una obra, y sí, estoy completamente de acuerdo, eso no es una obra y eso tampoco es *Oraculum*. Entonces, explicar todo este proceso, de dónde se obtienen cada uno de los contenidos, insisto, cómo es que suena cada una de sus particularidades sonoras; y que todo eso compone una obra que además está en un franco proceso permanente, ósea que es una obra que no es igual en el 2010 que en el 2013 que en el 2018 que en el 2022, aunque permanece su esencia y se puede reconocer como la misma obra (cosa que por cierto traigo muy en claro en una deformación profesional en mi mente por sistemas de composición modular musicales, donde uno no tiene una pieza compuesta sino una serie de elementos que conforman a la pieza y que la hacen reconocible). Así *Oraculum* es reconocible por sí mismo pero tienes que vivirlo, si uno trata de explicarlo, por ejemplo, para obtener un espacio para poderlo exhibir, para generar un contrato de licenciamiento para asegurar la pieza si va a ser exhibida en un museo, para poderlo clasificar en alguna categoría de algún apoyo,

etcétera; eso es altamente complejo y tiene que ver justamente con nuestro entorno social y cultural. Creo que *Oraculum* en ese sentido, tiene el reto de abrir camino para otras obras con estas cualidades, no parecidas a *Oraculum* pero que utilizan medios emergentes y tecnologías nacientes por ejemplo: la robótica, la inteligencia artificial, muchas otras interacciones a través de biosensores, etcétera, que pueden generar expresiones artísticas de nivel obra, no nada más a nivel de ejercicios, experimentos o bosquejos, y que efectivamente pueden tener cabida en las más altas esferas de las galerías de Arte. Ese me parece que ha sido el principal reto, explicar claramente o intentar explicar *Oraculum* ante una sociedad que todavía no está tan acostumbrada a ver este tipo de manifestaciones artísticas.

Interesante que lo digas, me parece paradójico tener que explicar una obra de arte ¿Cómo concibes a Oraculum dentro del mundo del Arte? y si lo concibes como tal, ¿por qué es una obra de arte y no un objeto de la tecnología con cualidades estéticas y nada más?

Todas las obras de Arte son objetos de la tecnología con ciertas cualidades estéticas y nada más, todas, un cuadro, *La Monalisa*, una obra musical ejecutada, no la

partitura, y también la partitura, es efectivamente eso. *Oraculum* no es una, son, todavía peor para explicarlo, muchas obras de Arte; dependiendo de en qué momento se vea, cuál sea la manifestación de su acción, si es una instalación, si es una intervención, si es un espacio escénico y dependiendo además de quién lo esté observando, porque sus habitantes la terminan de conformar; si el habitante no está y no la interfiere, entonces difícilmente podría ser considerada *obra de Arte*. Lo llamo *objeto del Arte* porque está en este proceso constante y mientras está en un proceso, efectivamente no es una *obra* es un *proceso artístico interdisciplinario*, no está condensado, no está fijado, no tenemos esta instantánea del momento preciso, sino el proceso en sí en pleno flujo; cuando podemos ver una materialización de los resultados de este proceso, entonces vemos una manifestación que podría llamarse *obra de Arte*. Sin duda cada vez que se aprecia *Oraculum*, adquiere esta cualidad de *obra*, como una manifestación de arte digital sostenida con elementos, obviamente tecnológicos pero que tiene además las características, que cuando menos desde mi perspectiva, son las necesarias para que algo pueda ser llamado una *obra de Arte*, no nada más una forma estética que dicho sea de paso, toda la cultura tiene un contenido estético

independientemente a cual sea su razón de ser, su propósito o su origen. Pero además en el caso de *Oraculum* tiene toda esta documentación previa de investigación que considero importante para toda *obra de Arte*, es decir, hay una razón de ser por la cual están sucediendo las cosas y no nada más es una ocurrencia o un momento de moda para, por ejemplo, poner video mapping complejo cuatridimensional con proyectores; no basta con poner el video mapping, además el contenido debe tener ciertas características y una conexión con su *habitante* que genere una muy profunda experiencia estética a nivel sensitivo. La ultrasensibilización de los *habitantes* de la *obra*, la sensibilización de los *habitantes*, son para mi esa última frontera que permanentemente se cruza cuando se condensa uno de estos momentos y donde *Oraculum* adquiere, no nada más su valor sino todo su discurso y su contenido, que lo hace llamarse a sí mismo *obra de Arte*.

Entonces ¿Oraculum es obra de arte cuando hay quien activa esa cualidad y deja de serlo en tanto no haya ese alguien?

Si, en definitiva, sólo que ese alguien, primordialmente soy yo, entonces, como yo estoy ahí, yo lo activo y adquiere esa cualidad. No

es que deje de serlo, porque eso podría sonar demasiado categórico, sino regresa a su modo de proceso cuando el *habitante* de la obra deja de habitarlo; oscila entre proceso (objeto del Arte) y condensación (obra de Arte).

¿Qué papel juega quién habita a Oraculum? Nos acabas de decir que en principio eres tú, pero también está expuesta en recintos donde hay otras personas.

Los *habitantes* de *Oraculum* permanentemente lo interfieren, esto está basado en otro de sus probables fundamentos conceptuales, el *principio de incertidumbre*, donde Heisenberg nos propone teóricamente que todo observador afecta la realidad; nunca mejor dicho sino en el caso de *Oraculum*, todos sus observadores permanentemente lo están afectando. Vuelvo a una analogía porque me parece ilustrativo, si estuviéramos viendo un cuadro, depende del humor en el que lo observe, la tonalidad de azul probablemente se vuelva un poco verdosa o incluso pueda llegar a ser rojiza, solamente la tonalidad no la pintura en sí misma, la composición, entonces vería cada vez que lo observo un cuadro diferente, cuando menos con diferentes cromatismos en la pintura, insisto que no en la composición completa, estaría

afectando el cuadro; de hecho lo afectamos, en *Oraculum* ese proceso es muy evidente, cuando hay *habitantes* de la obra constantemente se está interfiriendo el contenido que nos muestra y que es decidido a través de los algoritmos de inteligencia artificial. Ese es el papel que juega el *habitante*, ser parte de la obra; cuando la está interfiriendo y forma parte de ella, él se transforma en lo que yo llamo un *resonador activo*, es decir, es una pieza más de la bioingeniería de *Oraculum*, que está funcionando junto con la obra para una manifestación casi ritualística compleja de todos los componentes: *Oraculum instalado*, en funcionamiento, hablo del sistema tecnológico, de los sistemas de inteligencia artificial decidiendo con base en sus algoritmos a través de la presencia de quienes están apreciando u observando o habitando la obra.

¿Cómo es tu relación con Oraculum?

Podría decirse que es ambivalente, primero: considero a *Oraculum* una extensión de mí, si yo pudiera manifestarme de una manera artística material, si pudiera expandir mi mente, lo que veríamos probablemente sería algo parecido a *Oraculum*; en ese sentido mi relación es una especie de, vuelvo al

tema, un gran espejo cuatridimensional donde yo me estoy reflejando; *Oraculum* soy yo o el reflejo de mi o mi resonancia instalada en un espacio. Esa relación es, como toda la relación que tenemos los artistas con nosotros mismos, extraordinariamente compleja a nivel psicológico; difícilmente creo que alguien tenga una relación simple, artista o no artista, consigo mismo a nivel psicológico, y es una relación en la que coexistimos, querámoslo o no, de manera permanente, antes y después de la existencia misma, de la existencia material o cociente es a lo que me refiero.

Por el otro lado, mi relación con la instalación, con cuando se instala *Oraculum* y se exhibe y adquiere está otra cualidad de exposición por ejemplo en el museo o en la galería, pues es de un altísimo cuidado. Soy extraordinariamente detallista en que la instalación sea, no voy a decir como debe ser sino como quiero que sea, porque en esa idea de que soy yo mismo expuesto, pues trato de estar en la mejor forma posible y eso incluye todo lo necesario para que pueda ser exhibida bajo esas características, a veces me han dicho -es que ya esta bien-, cuando por ejemplo faltan dos grados de rotación para que adquiera el ángulo correcto para poder ser visualizado; o me han dicho -es que ya está bien-, cuando no hay un control de

luz lo suficientemente potente para permitir que los lienzos de proyección digital tengan sus cualidades plenas; o me han dicho -ya está bien-, cuando el salón donde va a ser instalado no tiene las cualidades de higiene y limpieza que debe de tener; en ese sentido no está mas lejos de lo que yo mismo pediría para mi cuerpo si estuviera habitando un espacio; va un poco más allá de lo necesario y atraviesa tal vez el territorio del gusto por estar siendo exhibido de la manera que deber ser. Entonces, mi relación en ese sentido con *Oraculum* parece de pronto exagerada en cuanto a los requerimientos para poderlo instalar, pero con ninguna exageración más de la que cualquiera tenemos con nosotros mismos en el momento de permitirnos estar frente a una exposición, a una audiencia masiva en un lugar determinado.

*Parece que vivimos una época donde hay un abismo entre las obras de arte basadas en cualidades estéticas contra las basadas en cualidades conceptuales; parece un tema definitorio entre lo que solemos reconocer como arte clásico o como arte contemporáneo. A veces parece una especie de ring en que se pelea con y se desacredita a “lo otro”. Considerando este ambiente del Arte ¿Qué opinas de *Oraculum* en él?*

Oraculum está más allá del bien y del mal en este sentido, no está en una arena de guerra o de pelea entre un territorio y otro, sobretodo porque, poco a poco conforme se habita, la obra va desmantelando los cuestionamientos; voy a ser reiterativo: poco a poco, con suficiente tiempo de contemplación, mientras se habita la obra va desmantelando los argumentos de un lado o del otro, no está peleado con el arte clásico y no está peleado con el arte contemporáneo y puede ser un estandarte de ambas categorías. En realidad no he tenido tanta historia, narrativa cuando menos, de análisis de *Oraculum* que lo haya colado en una o en otra posición, me parece que su propia existencia, constantemente a pesar de que esto pueda sonar pretencioso, lo separa de esa guerra, si es que existe; porque al final de cuentas dentro de unos años se volverá clásico lo que hoy llamamos contemporáneo; eso ha pasado en toda la historia del arte, es decir el arte contemporáneo del siglo XVII no era clásico todavía sino hasta varios siglos después, me parece que es un proceso y volvemos al transito. *Oraculum* sin embargo no nada mas tiene componentes del Arte tradicional más clásico y del arte contemporáneo, sino además incluye expresiones de arte extraordinariamente clásicas, hasta el uso de altísima tecnología como

los sistemas de inteligencia artificial, que por cierto, en el caso de *Oraculum* no son nuevos, a propósito de que en el 2022 y en los últimos años hemos estado hablando de eso, estoy trabajando con sistemas de inteligencia artificial desde un poco antes de 2006 y han venido evolucionando hasta nuestros días, en los que escuchamos mucho mas acerca de eso; los lienzos de proyección digital de *Oraculum* nacieron un poco antes del 2000, son las primeras pruebas que tengo registradas de esto. *Oraculum* se manifiesta en el 2006 como una primera intervención, en el 2010 es estrenado a nivel mundial y en el 2022 me parece que dejó atrás esta pelea entre el arte contemporáneo y el arte clásico, porque abraza manifestaciones tanto clásicas como contemporáneas y además altamente tecnológicas.

*Nuestra época también es una en la que se coloca cualquier cosa en un recinto de lo artístico, se le da el título de Arte y eso basta para que aquello se convierta en Arte en la mente colectiva, sin importar sus cualidades estéticas e incluso en ocasiones tampoco las conceptuales ¿cómo vive *Oraculum* entre esto?*
Afortunadamente o desafortunadamente *Oraculum* no transitó por ese camino, al menos no en sus inicios, tardó mucho tiempo

en estar en un recinto de lo cultural, antes incluso de lo artístico. El primer museo donde se expone *Oraculum* en México en una exposición permanente, es el *Museo Nacional de las Culturas del Mundo*, pero nótese que es un museo de cultura no de arte; una de las primeras apariciones de *Oraculum* como espacio auto contenido fue en el *Museo de San Ildefonso*; el estreno mundial de *Oraculum* fue en el pabellón de México en la *Expo Universal de Shanhái en China*, hablando de cultura no de arte y dedicando su contenido por cierto, a la Biodiversidad, a la Historia de México y a nuestra Etnografía. En ese sentido no ha transitado por este territorio de ser colocado, al menos hasta ahora, en el museo del Arte para ser llamado obra de arte, sino que ha ido trazando su propio camino, dicho sea de paso, fuera de ese circuito hasta que ha sido invitado muy formalmente, como obra de arte para exposiciones o galerías donde se ha exhibido como tal. No le ha tocado a *Oraculum* en particular todo ese transito, que conozco bien, donde uno puede llevar una cuchara doblada, colocarla en el rincón de una galería, probablemente ponerle un discurso de poltergeist en que el creador tiene una ultra sensibilidad neuronal para ser capaz de doblar los metales a distancia y esa es la obra de arte; por

decir algo rápido, por si alguien quiere tomar la idea. Pero no, *Oraculum* ha ido por un camino menos allanado, más 4x4, mas rudo; dentro de las primeras exhibiciones publicas en gira de *Oraculum* en México, vivió por ejemplo en la Biblioteca Vasconcelos, en el MUTEC durante el *Solar Fest*, ha ido a China, viajó a España, viajo a Brasil, ha estado en varios Centros de las Artes en nuestro país...; entonces no, no ha estado en territorios de museos donde haya sido validado primero como obra de arte para después iniciar sus actividades, sino que eso ha sido consecuencia de lo que ha hecho *Oraculum* en su propio camino, de donde ha sido llevado e invitado.

¿Creaste a Oraculum como obra de arte?

Creé a *Oraculum* desde el verbo del quehacer artístico, yo soy artista mucho antes de haber hecho *Oraculum* y lo consideré siempre como la creación de una obra, una muy particular porque ha atravesado por un proceso, insisto en eso; si queremos verlo así es como un laboratorio de experimentación o investigación artístico, siempre desde el arte y no, no ha sido casual que después se le llame así; de hecho como tampoco me ha preocupado tanto nombrarlo o categorizarlo, de repente por

ejemplo, si en China los 17.4 millones de personas que lo vieron no le llaman objeto del arte u obra de arte, me tiene con poco cuidado, porque su cédula museográfica decía obra de arte pero poca gente la leía en comparación con la gran cantidad de gente que habitaba a *Oraculum* y que tenía esta experiencia estética profunda y esta ultra sensibilización a partir de los contenidos mostrados. Lo creé desde totalmente la perspectiva del Arte no desde el hacedor de un objeto tecnológico sofisticado con cualidades estéticas, probablemente en el camino incluso he ido destilando cuáles son los componentes tecnológicos innecesarios para *Oraculum* y que no han sido utilizados simplemente por que sí o como objetos de ornato, lo que no es necesario en *Oraculum* no está y lo que ha sido requerido y no existía ha tenido que crearse; por ejemplo: los lienzos de proyección digital (les llamo así porque es la tecnología que se utiliza) para poder captar la luz y hacer transparencia como es necesario para la obra; a los que llegué después de una fuerte investigación en torno a las pantallas y que la final, a pesar de que, por ejemplo, se entra en el territorio de diseño industrial para su generación, siempre han sido vistos como lienzos de proyección, algo como un lienzo de pintura, no como una pantalla de proyección tecnológica.

Oraculum siempre fue una obra de arte, desde su conceptualización.

A lo largo de mi tiempo conviviendo con Oraculum, he notado un halo de incredulidad (debo decir que de personas que no lo conocen mas que en palabra), sobre una obra que trabaja con elementos, por ejemplo a nivel neural, sensoperceptivo, mucho mas micro que macro. ¿Qué dirías ante la aseveración de que Oraculum no es más que un artilugio escénico arropado por ideas y conceptos extravagantes, pero sin efectos reales, ni en lo artístico ni en esos elementos con los que trabaja?

Lo primero que tendría que ver es de dónde viene este comentario para tratar de entenderlo, porque, a ver, si *Oraculum* es una concatenación de avanzadísimos artilugios tecnológicos con ideas ultra extravagantes, me pregunto ¿que no es eso el fundamento de todas las obras de arte en la historia de la humanidad?, la primera vez que pintamos, como humanidad, en una caverna con quien sabe qué tinta que dura mas de treinta mil años, pues claro que es una idea extravagante con un artilugio tecnológico, todas las pinturas, toda la literatura, toda la ficción ¿que no son ideas extravagantes con artilugios ciertamente tecnológicos?; por ejemplo la imprenta para poder, de pronto, no tener manuscritos sino miles de copias de un libro. Sí, es

una serie de artilugios altamente tecnológicos con ideas extravagantes propuestas por mí, que además, y aquí es donde estaría la enorme distinción, generan una fuerte experiencia estética, muy profunda, con una narrativa perfectamente descrita, claramente delineada y con un propósito muy claro que es la expansión de la sensibilidad del cuerpo humano a través de sus propios sentidos, lograda con la vibración simpatética; todos estos principios que están más que estudiados y además probados por múltiples institutos, universidades, centros de investigación y demás al rededor del mundo, es decir que no son solamente ideas sino procesos que ya existen; insisto en la parte donde hablaba acerca de la tecnología, no es que esté inventando el proyector lo que estoy creando en *Oraculum* es la forma en que proyectamos para que una proyección pueda ser considerada cuatridimensional, cuando la proyección por cierto es bidimensional en una pantalla de este tipo. Todo eso junto es lo que me hace definir a *Oraculum* como una obra, luego que la persona en cuestión sea capaz de percibirla y ser sensible a ella, en realidad tendría que contestar que depende más de la persona que de mí; no es una pieza que está hecha para condescendencia de sus espectadores, de hecho no pretende

espectadores, toda la gente que está cerca de *Oraculum* se vuelve habitante de la obra y resonador activo, la está interfiriendo; podemos medir cuál es el nivel de interferencia para poder también mostrar, que no demostrar, a la persona cómo está interfiriendo la pieza; pero ni siquiera es necesario porque en cuanto están frente a la obra, esta empieza a comportarse, entonces en realidad la demostración en el momento de habitarla, por sí misma empieza a suceder. Aún así, estuve en una experiencia de uno de estos análisis con uno de los conciertos para piano de Beethoven, que es una maravilla de composición, tiene una gran sensibilidad y creo que para todos los que tengan la lectura de este documento y en general para cualquier persona sensible, estaríamos de acuerdo en que podríamos categorizarlo como, no nada mas una, sino como una gran obra de arte, tal vez de la cumbre del arte de la humanidad; se pone el concierto, escuchamos el primer movimiento, hay gente que ni lo conoce y hay gente a la que no le pasa nada; eso no le quita su carácter de obra. Entonces, sin duda, habrá algunas personas que no puedan conectarse, no quieran conectarse, se resistan a conectarse o que simplemente no les importe en lo mas mínimo, *Oraculum* de todas maneras sigue existiendo con todas

sus cualidades. Probablemente sería la segunda parte de mi respuesta: antes de que expreses tu idea acerca de *Oraculum* vívelo y si cuando lo vives no te pasa nada, pues no te preocupes, simplemente no era para ti y eres bienvenido para regresar a visitarlo en cuando este exhibido nuevamente el algún espacio público. Lo que si no hago es tratar de justificarlo, tratar de demostrarlo; me han pedido a veces algunas mediciones, claro que si estoy en una laboratorio de investigación y hago muchos, acabo de terminar uno la semana pasada, son espacios donde con quien le interese verdaderamente, podemos trabajar profundamente en todo ese territorio, pero si solamente es con el morbo de -a ver si es cierto-, no me interesa, *Oraculum* en ese sentido no es una obra insisto, condescendiente y claramente no es una obra para todos.

¿Podrías decir algo de la idea: Oraculum como fenómeno?

En realidad *Oraculum* es una reflexión de los fenómenos que le pasan al cuerpo humano cuando está habitando la obra, no me parece que sea el fenómeno sino, si lo pudiéramos hablar desde esa perspectiva, pone de manifiesto el fenómeno a diferentes niveles, desde el escepticismo extremo; que por cierto me gusta mucho porque es

cuando más contundente es el análisis de lo que sucede cuando habitamos *Oraculum*; hasta el cambio de comportamiento de nuestra actividad electromagnética, por ejemplo en el lóbulo frontal cuando estamos contemplando durante un tiempo determinado la obra, ¿qué es lo que le pasa al cuerpo, por ejemplo, en término vibratorios, cuando está uno en el centro geométrico de la pieza?, etcétera; esos son los fenómenos que pone de manifiesto *Oraculum*. No es el fenómeno sino que es, aparentemente una especie de vehículo que nos permite ver que están sucediendo esos fenómenos, en una experiencia estética altamente sensible.

Oraculum, en esta investigación, ha sido usado como plataforma para observar parte del fenómeno neural de personas que lo habitaron durante un proceso de experimentación específico; pero más allá del cómo se utilizó para esta investigación, ¿cómo o cuál o qué es la relación entre Oraculum y el funcionamiento neural humano?

Cuando una persona se permite la contemplación y la habitación de *Oraculum*, por la razón que sea, empiezan a suceder una serie de efectos en el cuerpo a nivel fisiológico y a nivel neuronal, claramente medibles; la relación

entre *Oraculum* y su *habitante* en el momento en que conforma la obra, es que se genera un bucle donde hay una realimentación de lo que a la persona se le está ofreciendo por parte de *Oraculum* en términos de contenido y lo que la persona empieza a modificar para que se interfiera a la obra; ese bucle empieza a acelerar estos intercambios después de algunos minutos; la relación es completamente única y personal, irrepetible para cada persona, incluso entre cada persona en diferentes momentos, es, yo podría llamarla: una experiencia de vida muy completa acerca del estado específico de esa persona en ese momento, más allá del lenguaje hablado. *Oraculum* se comunica con la persona a través de todos sus contenidos y en realidad, está extrayendo lo que la persona, probablemente no a nivel verbal, expresa en toda su corporeidad, ampliamente dicho, esto es probablemente otro de los fundamentos del comportamiento de la obra, al final de cuentas, esta retroalimentación, este bucle que se genera, es un vínculo íntimo, profundo, intenso y personal; cada uno de los *habitantes* de la obra va tendiendo su propia experiencia. Debo decir, en complemento a la respuesta anterior, que todos tienen una experiencia, luego que la quieran aceptar o no, o que la

atribuyan a cualquier otro factor, pues es un relato que atraviesa por el raciocinio; pero sensiblemente hablando, en cuanto a lo que sucede fisiológicamente en el cuerpo, siempre hay una generación de este vínculo.

Tu acuñaste el concepto Arte Neural ¿Por qué estructuraste un nuevo concepto y qué es el Arte Neural?

El *Arte Neural*, intenta, promueve la comunicación directa de la experiencia estética sensible con el sistema nervioso, en el mejor de los casos, central del espectador. En modo muy simple, pero profundamente completo, eso es el *Arte Neural*; no necesariamente significa que esté funcionando a nivel neuronal, por consecuencia lo va a hacer, sino que esté conectado al sistema nervioso. Habla fundamentalmente de la desmaterialización del arte, de que no necesitemos un medio material para poder transferir los contenidos estéticos, sensibles, poéticos de la obra, hacia el espectador, y luego además que tenga, en esta actualización del concepto, retroalimentación justamente porque como ya no hay un objeto de por medio, físico, tangible, sino completamente energético, se abre un canal de comunicación bidireccional, donde se puede inmediatamente tener la

retroalimentación de este espectador. El *Arte Neural* es, esta forma artística que promueve la desmaterialización del ser, en el sentido del objeto tangible de la obra, y la desmaterialización del ser en relación al cuerpo tangible también del espectador; para utilizar sus componentes de lo que efectivamente siente; eso no sucede necesariamente en los biosensores, lo que siente el sujeto es lo que pasa en todo su sistema nervioso, cuando menos en el sujeto animal, específicamente en la especie humana. Tengo algunos trabajos relacionados con Bioarte, en torno a las plantas, donde no hay un sistema nervioso central y de todas maneras hay efectos de Arte que no podría llamarse neural, porque no hay un sistema nervioso, pero que tienen características de desmaterialización similares. *Arte Neural*, en términos muy generales, se refiere no necesariamente a que sea una forma artística que utilice la actividad neuronal del encéfalo para producir tal o cual efecto o que se produzca tal o cual efecto a partir de la obra artística, sino a una conexión profunda entre la obra y el sistema nervioso del espectador.

El Arte Neural entonces parece ser una utopía o me podrías dar un ejemplo.

Sí, tengo el ejemplo, no es utópico,

todos hacemos *Arte Neural* todos los días, cada vez que soñamos con algo nuevo nunca visto antes estamos haciéndolo.

¿Por qué eso es Arte?

Estamos creando, estamos teniendo una experiencia profundamente significativa y estética, estamos sensibilizándonos y no hay nada material de por medio. Y si somos más específicos, si sueño con una canción, con un cuadro, con una sinfonía..., más que nunca estaría haciendo en el espacio onírico, *Arte Neural*.

Considerando entonces que al Arte Neural es algo que sólo podemos hacer en el espacio onírico, ¿cómo podríamos hablar de él en el universo de lo artístico?, ¿qué mecanismos nos podrían servir para generar esa conexión desmaterializada y que entonces una pieza presentada en un recinto de lo artístico pueda ser considerada una obra del Arte Neural? Porque estamos en un territorio donde nada de lo que sucede en el mundo del Arte, que yo conozca cuando menos, es Arte Neural y entonces parecería un lugar vacío, cuando menos en este momento.

Si lo es, sin duda, no creo que sea la mejor expresión si esta vacío o no,

pero sí muy poco habitado. Si es un espectro todavía mas teórico que práctico y lo primero que tendría que decir es, tenemos que acercarnos, si queremos, al *Arte Neural* poco a poco, no es algo que ya haya sucedido ni que esté sucediendo necesariamente de manera masiva y, guardadas las distancias, cuando teóricamente hablábamos de la mecánica cuántica estábamos muy lejos de su aplicación, cuando hablábamos de la miniaturización de los transistores estábamos muy lejos, existían los bulbos, de pronto se tiene que desarrollar la tecnología para poder efectivamente acceder a este nivel de conexión. Por eso trabajo con tecnología, estos son los primeros pasos; dije durante esta y varias entrevistas mas, que estoy atrapado por la tecnología de mi tiempo, deberíamos desaparecer del territorio dimensional donde estamos y aparecer en la cuatridimensionalidad para habitar *Oraculum* en su máxima expresión como *Arte Neural*; efectivamente, hoy no tenemos esta tecnología todavía, por lo que podríamos decir que *Oraculum* no es *Arte Neural* todavía, pero pretende, cuando menos tiene muy claro el tratar de caminar hacia allá. El que no tengamos los instrumentos de medición o las cualidades de conexión todavía desarrolladas,

cuando menos masivamente no significa, primero que no sepamos que se puede hacer, segundo que no seamos capaces de fabricarlas, que puedan existir en un futuro y tercero, que no estemos ya reflexionando como creadores acerca de esas posibilidades que son lugares emergentes del Arte, efectivamente todavía extraordinariamente fértils.

En el territorio neuronal, específicamente, hay mediciones que hasta hace muy poco tiempo ni si quiera sabíamos que existían; por ejemplo, las grandes redes neuronales, en términos tecnológicos, recién desestiman la idea de la separación funcional entre los hemisferios del encéfalo, dado que se sostenía científicamente hasta hace poco tiempo que estaban encargados de dos diferentes cualidades casi opuestas entre sí; hoy sabemos que el encéfalo está profundamente conectado, por cierto en los últimos avances se dice que cuatridimensionalmente, para poder lograr el nivel de procesamiento que vamos descubriendo poco a poco, cada vez con mayor precisión en el cerebro humano. Vamos develando lo que va sucediendo en nuestra mente, entonces sí, aunque eso es bastante reciente, no significa que no exista y no significa que no podamos dar los primeros pasos para ir hacia allá.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- AGUILAR, Francisco.
2003 "Plasticidad cerebral. Parte I", en *Rev Med IMSS*, vol. 4, no. 1, pp. 55-60.
- ALSINA, José
1970 "Hipócrates. Sobre la enfermedad sagrada", en *Boletín del Instituto de Estudios Helénicos*, vol. 4, no 1, pp. 87-96.
- ANADOL, Refik
2017 Melting Memories
https://www.youtube.com/watch?v=4_mfH6VgEg0
2021 *Sense of Space: Connectome Architecture*
<https://refikanadol.com/works/sense-of-space-connectome-architecture/>
- ARRIZABALAGA, J.
1998 "THE ARTICELLA IN THE EARLY PRESS, c.1476-1534", en *Texts and Interpretations in Medieval and Renaissance Medical Teaching*, número 2, Barcelona, CSIC
- BARATAS DÍAS, Luís Alfredo
1997 "La obra neuro-embriológica de Santiago Ramón y Cajal", en *DYNAMIS. Acta Hisp. Med.Sci. Hist. Ilus.* 17, pp 259-279
- BATOH, Masaki
2012 *Brain Pulse Music*
<https://www.youtube.com/watch?v=XI4Mge8nLMw>
- BEDIA, Manuel; CASTILLO OSSA, Luís Fernando
2010 "Hacia una teoría de la mente corporizada: La influencia de los mecanismos sensomotores en el desarrollo de la cognición", en *Revista ÁNFORA*, no. 28, pp.101-124.
- BENZI, Kirell
2020 *What is Data Art.*
<https://www.kirellbenzi.com/blog/data-art-definition>
- BLACKMORE, Susan
2010 "Francisco Varela", en *Conversaciones sobre la conciencia*, Barcelona, Paidós
- BLANCO, Carlos
2014 *HISTORIA DE LA NEUROCIENCIA. El conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*, Madrid, Editorial Biblioteca Nueva, S.L.
- BOHM, David
2002 *Sobre la creatividad*, 1^a ed., Barcelona, Kairós
- BRAUN, Eliezer
1997 *Una faceta desconocida de Einstein*, España, Fondo de Cultura

Económica

- CASANOVA-SOTOLONGO, P.; CASANOVA-CARRILLO, P.; CASANOVA-CARRILLO, C.
2004 "La memoria. Introducción al estudio de los trastornos cognitivos en el envejecimiento normal y patológico", en *Rev Neurol*, vol. 38, no 5, p. 469-472.
- CAVADA, Carmen
2017 *Introducción histórica a la Neurociencia*, Sociedad Histórica de Neurociencia, Madrid.
- CHATTERJEE, Alan
2014 "The neuropsychology of visual art", en *Art, Aesthetics and the Brain*, Huston, Joseph; Nadal, Marcos; Mora, Francisco; Agnati, Luigi; Cela Conde, Camilo, editores, Oxford, Oxford University Press, pp.341-356
- CHATTERJEE, Alan y VARTANIAN, Oshin.
2014 "Neuroaesthetics", en *Cognitive Sciences XX*, vol. 18, no. 7, pp.370-375
- CHIUMINATTO, Pablo
2014 "Ciencia del conocimiento sensible: principios racionalistas en la doctrina estética de Alexander Baumgarten", en *Revista de Filosofía*, vol.70 Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile
- CHURCHLAND, Patricia
1986 *Neurophilosophy: Towards a Unified Science of the Mind/Brain*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press
- CMMAS.ORG
2022 <https://cmmas.org/es/acervo/video-concierto-oraculum-antonio-isaac-mexico>
- DELGADILLO, Manuel
1988-89 *Educación psicomotriz - Antología*, México, ENEF
- DELGADO, José
1968 "Intracerebral Radio Stimulation and Recording in Completely Free Patients", en *The Journal of Nervous and Mental Disease*, Vol. 147, No. 4, Research supported by the United States Air Force 6571st Aeromedical Research Laboratory, Unites States Public Health
- DEVLIN, Keith
2002 *El lenguaje de las matemáticas*, Barcelona, Ediciones Robinbook
- DI DIO, Cinzia y GALLESE, Vittorio
2009 "Neuroaesthetics: a review", en *ScienceDirect*, no. 19, pp.682-687
- EL ECONOMISTA
2016 <https://www.eleconomista.com.mx/arteseideas/Oraculum-ciencia-tecnologia-y-arte--20160706-0117.html>

- EMOTIV
2022 [emotiv.com https://www.emotiv.com/product/emotiv-e poc-14-channel-mobile-eeg/#tab-description](https://www.emotiv.com/product/emotiv-e poc-14-channel-mobile-eeg/#tab-description)
- EVD 58
2013 <http://embodied.mx/#>
- EXPO SHANGHÁI
2010 “México, Expo Shanghái 2010”, en *Memoria del Pabellón.* <https://www.yumpu.com/es/document/read/23289224/memoria-del-pabellon-de-ma acxico-en-la-expo-shanghai-proma acxico>
- FARRES, Joan
2008 *Respuesta aeroelástica de diversos tipos de puentes de tirantes*, Tesina, Tutor Ángel Carlos Aparicio Bengoechea
- FELTEN, David; O'BANION, Kerry; MAIDA, Mary
2016 *Netter, atlas de neurociencia*, 3.^a ed., Barcelona, Elsevier
- FREEMAN, Walter
2001 “Making Sense of Brain Waves: The Most Baffling Frontier in Neuroscience”, en *International Conference en Biocomputing*, University of Florida, Gainesville FL
- GALLAGHER, Shaun; ZAHAVI, Dan
2013 *La mente fenomenológica*, 2.^a ed., Madrid, Alianza Editorial
- GOETHE, Johann Wolfgang
1808 *Fausto*, trad. 2014, Madrid, Universidad Complutense
- GOMBRICH, Ernst
1999 *LA HISTORIA DEL Arte*, 1a impresión de la 16a ed., Londres, Phaidon Press Limited
- GONZÁLEZ, Javier
2016 *Arte y Cognición*, 1.^a ed., México, Fontamara
- GUERRERO DEL AMO, José Antonio
2012 ¿Es la Neurofenomenología la solución al problema de la conciencia?, en *Thémata Revista de Filosofía*, no.46, pp.271-279
- HAILL, Luciana
2022 <http://www.lucianahaill.co.uk>
- HAINES, Duane
2014 *Principios de neurociencia, aplicaciones básicas y clínicas*. 4.^a ed., Dr. Alberto Platz Galino, revisión científica
- HERNÁNDEZ, Oscar
2011 *Elementos básicos de neurofisiología*, 1.^a ed., México D.F., Trillas.

- HUSTON, Joseph; NADAL, Marcos; MORA, Francisco; AGNATI, Luigi; CELA-CONDE, Camilo
 2015 *Art, Aesthetics and the Brain*, 1.^a ed., Oxford, Oxford University Press
- IZQUIERDO, Joaquin
 1949 "La obra de Sir Charles Sherrington", en *Gaceta Médica de México*, Tomo LXXX, Núm 1
- LABRADA, María Antonia
 1983 "Estética y filosofía del arte: Hacia una delimitación conceptual", en *Anuario filosófico*, 16(2), 67-80.
- LEDER, Helmut; GERGER, Gernot; BRIEBER, David
 2015 "Aesthetic appreciation: Convergence from experimental aesthetics and physiology", en *Art, Aesthetics and the Brain*, Huston, Joseph; Nadal, Marcos; Mora, Francisco; Agnati, Luigi; Cela-Conde, Camilo, editores, Oxford, Oxford University Press, pp.57-78
- LEONÉ, Álvaro Pascual; TORMOS M., José María
 2014 "Caracterización y modulación de la plasticidad del cerebro humano", en *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia*, no. 11, pp.303-330.
- LUCIER, Alvin
 1965 Music for Solo Performer.
 Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=bIPU2ynqy2Y>
- MARTÍNEZ BARROS, Marlon Igor; TROUR GUARDIOLA, Guillermo
 2006 "Conceptos básicos de electroencefalografía", en *Duazary*, vol. 3, no.1, pp.18-23.
- MENTES QUO + DISCOVERY
 2103 <https://docplayer.es/53623996-La-revista-quo-y-discovery-presentan-a-las-mentes-quo-discovery-2013.html>
- MERLEAU-PONTY, Maurice
 1997 *Fenomenología de la percepción*, 1^a ed., traducción, Emilio Uranga, traductor, Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica.
- MOLINA, Néstor Marcelo
 2009 *Sistema de Monitoreo de las Ondas Cerebrales (Electroencefalograma o EEG) presentes en el sueño: análisis de frecuencia y coherencia de la EEG en ambos hemisferios*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito.
- MORA, Francisco
 2015 "Neuroculture: A new cultural revolution?", en *Art, Aesthetics and the Brain*, Huston, Joseph Nadal, Marcos; Mora, Francisco; Agnati, Luigi; Cela-Conde, Camilo, editores, Oxford, Oxford University Press, pp.4-18

MORIN, Edgar
1994 *Introducción al pensamiento complejo*. 1.^a ed., Barcelona, Gedisa.

MUSEO DEL BANCO DE MÉXICO
2022 https://museobancodeMexico.mx/secundarias/semblanzas_merca.html

MUSEO NACIONAL DE LAS CULTURAS DEL MUNDO
2022 <https://www.museodelasculturas.mx/oraculum-oscilaciones-de-la-tierra.php>

NEUROSKY
2022 <https://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/biosensors/>

NICOLESCU, Basarab
2002 La Transdisciplinariedad, Manifiesto. Du Rocher

NOEL-BENTLEY, Suzanne; GUILLET, Grant
2018 “Philosophy and Aesthetics Inform Science Illuminating the complex dynamics of seeing”, en *Aesthetics Investigations*, vol. 2, no. 1, pp. 104-112

NOVO, Carlos; CHACÓN, Leticia; BARRADAS, José Alberto
2010 *Mapeo electroencefalográfico y neurofeedback*

ORDÓÑEZ, Leidy y SÁNCHEZ, Diana
2020 “Evaluación de las funciones mentales”, en *Evaluación de la función neuromuscular*. Cali, Colombia, Universidad Santiago de Cali.

OSMUNDSEN, John
1965 “‘Matador’ With a Radio Stops Wired Bull”, en *ProQuest Historical Newspapers The New York Times*, May 17 pg. 1
<https://www.wanttoknow.info/delgadobullnytimes.pdf>

PALACIOS, Leonardo
2002 “Breve historia de la electroencefalografía”, en *Acta Neurológica Colombiana*, vol. 2, pp.104-107.

PARAMUSICAL ENSEMBLE
2016 *Activating Memory*, Recuperado de <https://vimeo.com/88151780>

PARK, Lisa
2013 Eunoia, <https://www.thelisapark.com/work/eunoia>
2014 Eunoia II, <https://www.thelisapark.com/work/eunoia2>

PEPPERELL, Robert y ALUMIT, Ishai
2105 Indeterminate artworks and the human brain, en *Art, Aesthetics and the Brain*, Huston, Joseph; Nadal, Marcos; Mora, Francisco; Agnati, Luigi; Cela Conde, Camilo, editores, Oxford, Oxford University Press, pp.143-157

PERAZA, Carmen; CHERRY, Rebeca & CASTRO, Mónica

- 2011 "Una mirada reflexiva desde la disciplina hasta la transdisciplina: Perspectiva edoco-investigativa". *Revista Electrónica EDUCyT*, 3(3), 19–35.
- RALL, Dietrich
 1981 "Teoría de la recepción: el problema de la subjetividad", en *Acta Poética*, vol. 3, no 1, pp. 7.
- RAMACHANDRAN, Vilayanur
 2012 *Lo que el cerebro nos dice*, 1.^a ed., Barcelona, Paidos.
- RAMON Y CAJAL, Santiago
 1917 *Recuerdos de mi vida*, TOMO II, Madrid, Imprenta y Librería de Nicolás Moya.
- ROLLS, Edmund
 2017 "Neurobiological foundations of art and aesthetics", en *New ideas in Psychology*, Oxford Centre for Computational Neuroscience, Oxford, United Kingdom, 111-135
- ROJAS VÁZQUEZ, Armando José; NUÑEZ NAVA, Rosa Virginia
 2009 "El matiz fenomenológico en Ernesto Sábato", en *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, vol. 10, no. 2, pp.78-99
- RUBAIY, Hussein Nori
 2017 "A short guide to electrophysiology and ion channels", en *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 20, 48-67.
- SÁNCHEZ Vázquez, Adolfo
 1997 *Antología. Textos de estética y teoría del arte*, 2.^a ed., México D.F., Dirección General de Publicaciones, UNAM
 2005 *Invitación a la estética*, 2^a ed. México D.F., Random House Mondadori
- SEP
 2017 *Aprendizajes Clave para la Educación Integral*, México, Secretaría de Educación Pública.
- SEELEY, P.William
 2015 "Art, meaning, and aesthetics: The case for a cognitive neuroscience of art", en *Art, Aesthetics and the Brain*, Huston, Joseph; Nadal, Marcos; Mora, Francisco; Agnati, Luigi; Cela Conde, Camilo, editores, Oxford, Oxford University Press, pp.19-39
- SHAKESPEARE, William
 2007 *HAMLET*, Traducción, de José María Ruano de la Haza, traductor.
- SOLÍS Hugo, LÓPEZ-HERNÁNDEZ Estela
 2009 "Neuroanatomía funcional de la memoria", en *Arch Neuroscience*, 14(3):176-187
- SOLORZANO, Augusto
 2006 "David Hume, La belleza que suscita la comodidad", en *Iconofacto*, Vol. 2

No. 3 (2006), Universidad Pontificia Bolivariana

- SPINOZA, Baruch
2000 *Ética demostrada según le orden geométrico*. Madrid, Editorial Tralta
- STOJANOVA, Jana; YUING, Tuillang
2014 “Luc Delannoy, director del Instituto de Neuroartes, Tijuana, México”, en *Revista Chilena de Salud Pública*, vol. 18, pp. 95-99.
- TED
2015 *Your brain hallucinates your conscious reality* [Video File].
<https://www.youtube.com/watch?v=lyu7v7nWzfo>
- TEOREMA AMBIENTAL
2014 <http://www.teorema.com.mx/desarrollourbano/aprovechamiento-sustentable-es-un-reto-para-mexico-semarnat/>
- TIRAPU-USTÁRROZ, Javier; MUÑOZ-CÉSPEDES, Juan Manuel y PELEGRÍN-VALERO, C.
2005 “Memoria y funciones ejecutivas”, en *REVISTA DE NEUROLOGÍA*, 41 (8): 475-484
- VALDIVIA, Benjamín
2007 *Los objetos meta artísticos y otros ensayos sobre la sensibilidad contemporánea*, 1.^a ed., Guanajuato, Azafrán y Cinabrio.
- VARELA, Francisco
1990 “Las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas. Cartografía de las ideas actuales”, en *Conocer*, Barcelona, Gedisa
2000 *El Fenómeno de la Vida*, Santiago de Chile, Editorial Dolmen.
- VARELA, Francisco; THOMPSON, Evan y RUSH, Eleanor
1997 *DE CUERPO PRESENTE. Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*, 2^a ed., Barcelona, Gedisa
- VARTANIAN, Oshin
2015 “Neuroimaging studies of making aesthetic products”, en *Art, Aesthetics and the Brain*, Huston, Joseph; Nadal, Marcos; Mora, Francisco; Agnati, Luigi; Cela Conde, Camilo, editores, Oxford, Oxford University Press, pp.174-185
- XIONG, Jody
2014 *Mind Art*
<https://www.youtube.com/watch?v=SVKr8CpBGcg>
2022 The Bloom
<https://www.youtube.com/watch?v=6YyTBTf8fXM&t=6s>
- ZEKI, Semir
1995 *Una visión del cerebro*, 1^a ed., Barcelona, Ariel
2005 *Visión interior, una investigación sobre el arte y el cerebro*, Madrid, Machado Libros.