

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

CAMPUS IRAPUATO – SALAMANCA

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

**“Vinculación ciencia y arte, captura digital del proceso
neuronal sináptico químico”**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADA EN ARTES DIGITALES

PRESENTA:

ANA LAURA ROBLES HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

DR. JOSÉ ARMANDO PÉREZ CRESPO

SALAMANCA, GUANAJUATO

ABRIL 2022

ÍNDICE

Agradecimientos	3
Antecedentes.	5
El Dibujo Tradicional y Digital.....	5
El dibujo científico.....	6
Ramón y Cajal y su obra gráfica neuronal.	7
Justificación.....	9
Objetivos.....	11
Capítulo I. Marco Teórico.	13
Arte, puente entre la ciencia y la sociedad.	13
1.1 La enseñanza científica actual.....	13
1.2 la relación entre el arte de temática científica y la enseñanza.	16
1.3 Tendencias de representación digital dentro de la biología celular.....	21
Capítulo II. Desarrollo de las obras pictóricas digitales.	26
El cerebro expresando su universo.	26
2.1 Especificaciones de equipo: hardware y software.....	26
2.2 Ejecución: Del concepto y bocetaje hasta la aplicación de color.	28
2.2.1 Pintura digital I: <i>Neurona</i>	34
2.2.2 Pintura II: Uniones Neuronales.	55
2.2.3 Pintura III: Espacio Sináptico.....	67
2.2.4 Pintura IV: Receptores	84
2.3 Montaje.	94
Resultados en lo pictórico digital.	96
Conclusión.....	105
Glosario	108
Anexo. Sistema Nervioso y Sinapsis.....	110
Bibliografía.....	114

Agradecimientos

En este trabajo quiero mostrar mi gratitud hacia la Universidad de Guanajuato que me ha brindado la oportunidad de aprender y desarrollar mis habilidades profesionales y como persona, formando en mí un pensamiento crítico e instándome a siempre cuestionar. Un agradecimiento especial a mi director de tesis el Dr. José Armando Pérez Crespo por brindarme sus conocimientos y su tiempo para guiar este proyecto a un fin exitoso con sus sugerencias y por compartir sus pensamientos personales y críticos sobre este trabajo, lo que ha permitido enriquecerlo enormemente. También quiero agradecer en general a todos aquellos docentes que alguna vez han formado parte del conocimiento que ahora poseo, no solo académico sino de vida, quienes han compartido su experiencia y su tiempo para hacer de mí una mejor persona y profesional Todo mi respeto a aquellos que siempre mostraron vocación docente desde el respeto para conmigo.

*“Las neuronas son células de formas delicadas y elegantes,
las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas
quién sabe si esclarecerá algún día el secreto
de la vida mental”.*

Santiago Ramón y Cajal

*A mis padres y mis hermanas,
porque siempre que ha existido un:
- ¡Oh no!, problemas a la vista-,
han estado conmigo.*

Antecedentes.

El presente apartado introductorio refiere al dibujo tradicional y digital, al dibujo científico, y al artista Ramón y Cajal en su obra gráfica neuronal. Siendo el dibujo una de las herramientas para transmitir conocimientos direccionados a la enseñanza, es a partir de ello que el dibujo tomará una categorización en lo científico, hecho que deriva en la formalización del dibujo científico, y en la destacada figura de Ramón y Cajal; de esta labor, el dibujo se mostrará como uno de los pilares para el desarrollo del mundo moderno, y en el ámbito de las ciencias se le describirá como sigue: *“La herramienta por excelencia utilizada para el desarrollo histórico de la representación científica en el despliegue de su discurso moderno.”* (de Pedro Robles, 2009, pág. 12).

El Dibujo Tradicional y Digital.

Con la actual revolución tecnológica, el dibujo se divide en dos vertientes: la tradicional que alcanza una de sus máximas expresiones en la representación figurativa con el hiperrealismo¹, además del desarrollo del dibujo en movimiento con técnicas de animación. Por otro lado, se tiene al dibujo digital desarrollado a partir de software que emulan las herramientas requeridas por el dibujo tradicional, pero llevadas a un lienzo digital por medio de código binario. Es así que el dibujo digital requiere del conocimiento base del dibujo tradicional para su ejecución, pero adicionalmente como se ha mencionado: *“la técnica del dibujo digital es una forma de proceder para obtener resultados, hay que conocer los protocolos, procesos, métodos, normas y reglas para poder conseguir la realización del dibujo.”* (Fuentes J. , 2015, pág. 2).

Agregando, sobre el dibujo digital se tiene que se ha desarrollado fuertemente bajo industrias como la de los videojuegos, la animación o el cine, pues al requerir producción masiva de un mismo dibujo, éste se vuelve más práctico y económico en los programas

¹*“También es conocido como Superrealismo, Realismo Fotográfico y Fotorrealismo, cuyas técnicas aspiran a una transcripción de la realidad con más exactitud, definición, precisión, nitidez, detallismo y objetividad que la fotografía”.* (Capital del arte, 2018).

de dibujo digital; hay que agregar sobre lo instantáneo de esta labor se encontró: “*En la actualidad las entregas de trabajos para los sistemas de reproducción se realizan en formato digital, el hecho de comenzar y finalizar con este medio facilita la inmediatez*” (Fuentes J. , 2015, pág. 4).

El dibujo científico.

Después de hacer revisión general de la importancia que ha tenido el dibujo y otras artes derivadas de él, es necesario para este proyecto hablar sobre la relevancia del dibujo dentro de la ciencia fungiendo como documentación visual y como un transmisor de información. De la acción de plasmar imágenes para apoyar las descripciones escritas es tan importante que la ciencia ha generado sus propias reglas para la elaboración de estos dibujos:

El dibujo, o la “acción de dibujar”, se establecieron como herramientas que formaban parte de un conjunto de acciones emprendidas por la Ciencia y los científicos en el proceso constructor o generador del propio conocimiento. En este sentido, el dibujo adquiere entonces una dimensión cognitiva [...]. (de Pedro Robles, 2009, págs. 11-28).

Una diferencia clara entre el dibujo artístico común en contraste con el científico es que “*La iconicidad de un dibujo científico es alta*” afirma (Grilli, Laxague, & Barboza, 2015, pág. 97), atendiendo a una de las principales características que debe contener el dibujo científico, es decir que lo que se representa en una imagen con fines científicos debe ser siempre buscando una universalidad y no la particularidad de los objetos representados.

Actualmente y con tecnologías como la fotografía y el vídeo con alcance microscópico podría pensarse que la acción de dibujar ha sido relegada a un segundo término, no obstante, esto no es nada cercano a la realidad. El dibujo científico sigue vigente, Grillí (2015, pág. 98) menciona que sin desestimar la importancia que ha traído la fotografía en los estudios naturales esta técnica: “*No ha podido sustituir la*

representación gráfica en los manuales científicos” (Como se cita en Cespedosa Rivas, 2009).

Ramón y Cajal y su obra gráfica neuronal.

En los registros se tiene que la observación anatómica a un nivel microscópico permitió la generación de la teoría celular², sin embargo esta no pudo ser demostrada por mucho tiempo pues aún no era posible comprobar que el tejido del sistema nervioso estuviera compuesto por células como afirmaba la teoría, ello debido a que los microscopios no tenían la capacidad suficiente para observar las estructuras cerebrales que se encuentran en un promedio de “0,01-0,05 mm de diámetro” (Bear, 2007, s/pág.).

Vale decir que el investigador español Santiago Ramón y Cajal³ pudo comprobar esta teoría gracias a la observación del tejido nervioso utilizando una técnica de preparación de tejido desarrollada por el médico Camilo Golgi⁴. Fue a partir de estos estudios que Santiago Ramón y Cajal que comenzó uno de los registros pictóricos más exhaustivos de que se tiene registro acerca del sistema nervioso, más concretamente de las células que lo conforman (las neuronas).

Los dibujos de Santiago Ramón y Cajal tienen además una fuerte carga artística pues su instrucción formal en el dibujo, como se describe: “*de la mano del profesor León Abadías y Santolaria [...]. Cajal se dedicó al aprendizaje del dibujo utilizando los métodos que se aplicaban en aquella época en las Academias de Bellas Artes*” (Meseguer, 2014, pág. 22).

² “La teoría celular Schleiden y Schwann un rasgo común para todos los seres vivos: Todos los seres vivos están compuestos por células y por productos elaborados por ellas.” (López & Moreno, La vida en la Tierra, 2006, s/pág.).

³ “En 1906 su labor y su gran aportación a la neurociencia se vieron reconocidos de modo universal, con la concesión del premio Nobel de Física o Medicina, compartido con el médico italiano Camilo Golgi” (Meseguer, 2014, pág. 15).

⁴ Este método consiste en empapar el tejido a observar en una solución de nitrato de plata, posteriormente esta técnica fue mejorada por el propio Santiago Ramón y Cajal, quien en los siguientes 25 años realizó publicaciones en las que utilizó el método de tinción de Golgi para estudiar diversas regiones del cerebro. (Bear, 2007, s/pág.).

Como conclusión de este apartado se establece que el dibujo ha evolucionado en forma conjunta con la tecnología y ha mostrado una adaptación al desarrollar sus propias técnicas en medios digitales; por otra parte, el dibujo científico a pesar de demostrar que sigue siendo una herramienta esencial para la ciencia, y que no ha sucumbido a otros medios de representación, no así su capacidad de adaptabilidad a los nuevos medios, ésta se ve mermada debido a la rigidez en los protocolos establecidos por la ciencia misma y que trae por consecuencia que las imágenes generadas para el ámbito científico no trasciendan a un público más amplio que las pueda entender.

Justificación.

La investigación se desenvuelve en torno a dos problemas que acompañan a las representaciones artísticas y gráficas: dibujo y pintura, en el ámbito científico actual y expresamente en las ramas de la histología humana⁵; no obstante del gran desarrollo de las comunicaciones actuales; primero se percibe, un desconocimiento entre el grueso de la población acerca de las imágenes obtenidas para fines científicos, ello debido a que dichas imágenes se generan para uso e interpretación exclusivo de investigadores y científicos, Blanco (2004) expresa que la ciencia y la tecnología son realizados por colectivos sociales y que, por tanto, deberían ser presentados a la sociedad para su entendimiento conjunto, de la siguiente manera:

No obstante, sus “productos” (conocimientos científicos, tecnologías, metodologías, instrumentos sofisticados, etc.) son, por así decirlo, “muy exclusivos” ya que se presentan en la mayoría de los casos en formatos y contextos muy especializados y requieren de canales y medios para su "transformación" en productos asequibles para el gran público. (págs.71-72).

Del segundo problema como cita Meseguer (2014): *“el dibujo científico es uno de los aspectos que posiblemente ha recibido menos atención en el mundo del arte”* (pág. 7), donde dicha situación ha aumentado con la llegada de la fotografía y el vídeo con el alcance de las cámaras como herramientas para obtener imágenes cada vez más sofisticadas para ciencia en su precisión y legibilidad.

El presente proyecto realza las ventajas que tienen para el dibujo y la pintura sobre los medios camarográficos a la hora de transmitir información, además este estudio destacará en su atención al tomar en cuenta la evolución del dibujo y la pintura al pasar de medios físicos a los digitales y las ventajas que se desprenden, y de acuerdo con Fuentes: *“El dibujo digital nos permite una manipulación libre de la imagen y posibilidades casi infinitas de tratamiento, sería complejo representar en dibujo tradicional alguno de los efectos creados en digital”* (2015, pág. 3).

⁵ *“La histología humana es la ciencia encargada de los estudios humanos y se identifica a veces con lo que se ha llamado anatomía microscópica porque su estudio va más allá de los tejidos, por ello se relaciona con otras ciencias como la citología, bioquímica y genética”*. (Duarte, 2015, pág. 77).

Por otra parte, se buscará dotar a los artistas contemporáneos de los criterios necesarios para la generación de obra que cuente con un diferente valor científico, bajo la siguiente consigna: “*caracterizar la cultura científica [...] como una particular cultura visual que instaura y consolida a lo largo de la historia y en su desarrollo prácticas de representación*” (Vega, 2002, pág. 522), a la vez que sea reconocible el mérito como trabajo artístico.

Por último se propone así, un acercamiento entre artistas e investigadores con el fin de aumentar las colaboraciones entre ambas áreas (arte y ciencia) como se anota en las siguientes líneas: “*cambiar las concepciones acerca de las imágenes que produce la ciencia e incluso hacer temblar los paradigmas que rigen la comunicación científica*” (Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM, 2007, pág. s/pág.), para así derivar en una mejora de la divulgación del conocimiento a través de medios más atractivos que resulten en un interés creciente por parte de la sociedad general.

Objetivos.

El objetivo general de la presente investigación se sustenta en la relación establecida entre el arte y la ciencia⁶, en donde la primera, coexiste como aliada para la transmisión del conocimiento científico; además, hará énfasis en la relevancia que tiene el arte como un medio para la enseñanza⁷ de ciertas áreas de las ciencias naturales.

En este caso, la tesis considera la representación pictórica en soporte digital, sobre un tema del campo de la Neurología y referida a aquella del análisis de los procesos celulares⁸; buscando además un reconocimiento al arte por su contribución en la representación aplicada a la divulgación científica en la disciplina del dibujo y pintura tradicional, y para el caso en lo evolutivo plasmado en la técnica digital. Como objetivos particulares entonces, se tienen los siguientes:

- I. Revisar históricamente la ilustración científica, tomando en cuenta las primeras imágenes con esta denominación, su desarrollo en cuanto a técnicas, reglas de estructuración y composición, principales representantes, sus diversas etapas y las técnicas actuales de representación en lo digital.
- II. Describir el proceso de la Sinapsis Química⁹, a partir de la información recopilada en diversas fuentes y publicaciones científicas y académicas, para posibilitar la generación de una experiencia de abstracción de dicha función

⁶ Sobre el binomio Arte-Ciencia el autor Borderías (2010) señala:

“El Arte y la Ciencia, aunque hoy en día son generalmente concebidas como dos campos diferenciados, han seguido tradicionalmente caminos paralelos. [...] Se pueden establecer tres tipologías científico-artísticas que se ven plasmadas en el mundo del arte: Arte valiéndose de Ciencia, Arte sobre Ciencia y Arte como instrumento científico.” (págs.23-24).

⁷ Con relación al arte digital y la enseñanza, el Autor Marrero (2016) menciona: *“En las carreras de las ciencias médicas, es imprescindible recurrir, en su enseñanza, al uso de imágenes digitales ya que son claves en la actividad médica y en el estudio diagnóstico del paciente”* (pág.127).

⁸ Se encontró con relación a los procesos celulares qué: *“Son todos los mecanismos que se llevan a cabo dentro de la célula y tienen como objeto garantizar la estabilidad del organismo que conforman”.* (Martínez C., 2019, pág. s/pág.).

⁹ En referencia a la sinapsis química tenemos que *“son cruces biológicos a través de los cuales, las señales neuronales puedan intercambiarse entre sí con las células no neuronales, tales como los músculos o glándulas. Las sinapsis químicas permiten que las neuronas puedan formar circuitos dentro del sistema nervioso central. Son cruciales para los cálculos biológicos que subyacen en la percepción y pensamiento. Permiten que el sistema nervioso pueda conectarse y controlar otros sistemas del cuerpo.”* (Drachman, 2005, págs. 2004-2005).

neuronal, con la finalidad de un mejor entendimiento, se complementará con la utilización de un anexo para agilizar la comprensión de la información.

- III. Desarrollar un modelo visual descriptivo, en la inspiración de la sinapsis química, sin descuidar el mostrar la información visual con atributos de composición estética.
- IV. Describir el montaje para una serie de cuatro pinturas digitales apoyadas en el tema de la sinapsis química, con especificaciones convenientes para su proyección: resolución, intensidad luminosa, tipo de tecnología¹⁰, distancias de proyección entre otros; y del formato del campo visual de las pinturas: espacios de color¹¹, ppp¹², dimensiones y área ocupada por la instalación.
- V. Reivindicar el arte pictórico frente a los medios gráficos instantáneos, realzando la importancia del dibujo como quehacer científico, como se cita en las siguientes líneas: *“permite la realización de una labor de análisis, síntesis y recreación de lo observado [...]. El hecho de fotografiar o grabar imágenes, no precisa, necesariamente de estos procesos mentales.”* (Meseguer, 2014, pág. 34). Esto significa que la acción del dibujo por sí misma implica un trabajo de reflexión mental para plasmar aquello que se intenta comunicar, en otros medios de representación estos procesos no son necesarios en su totalidad.

¹⁰ En el campo de la proyección *“El mercado de proyectores es muy amplio. [...] Actualmente existen varias opciones diferentes, cada una con sus ventajas e inconvenientes. Las opciones son LCD (Liquid Crystal Display), DLP (Digital Light Processing) LCoS (Liquid Crystal on Silicon).”* (Martínez & Azkue, 2014, pág. 11)

¹¹ Correspondiente a Espacio de Color se sabe que: *“en el procesamiento digital de imágenes a color, como por ejemplo el espacio RGB, con el cual trabajan las cámaras digitales, son arreglos tridimensionales de las sensaciones del color”* (Vega J.A., 2005, pág. 14).

¹² Entre los conceptos básicos de la composición de imágenes digitales encontramos que la resolución es el nivel de detalle observable en una imagen, éste se mide en ppp (píxeles por pulgada). Mientras mayor sea la cantidad de ppp habrá mejor calidad de imagen. (Muriel, 2018, pág. s/pág.).

Capítulo I. Marco Teórico.

Arte, puente entre la ciencia y la sociedad.

En este capítulo se muestra un resumen, que reúne información acerca de algunos factores que rodean al trabajo de investigación, en tres subtemas: 1.1 la enseñanza científica actual, 1.2 la relación entre el arte de temática científica y la enseñanza, finalmente 1.3 las tendencias de representación digital dentro de la biología celular.

1.1 La enseñanza científica actual.

El entendimiento del saber científico entre la ciudadanía es importante, pues provee a ésta, de herramientas que le permiten tener un desarrollo a niveles diversos; una sociedad moderna primero tiene que ser capaz de comprender como funciona el mundo desde la mirada de la ciencia, para así poder tomar decisiones basadas en fundamentos comprobables y que tener un impacto positivo sobre su entorno:

Una cierta comprensión de la ciencia y de la tecnología es necesaria para vivir en sociedades científica y tecnológicamente avanzadas. Así, los ciudadanos estarían mejor preparados para tomar decisiones sobre dietas, salud, seguridad, [...] y poder evaluar mejor los mensajes publicitarios y hacer mejores elecciones como consumidores. (Blanco, 2004, pág. 71).

Con relación a la transmisión de conocimiento científico¹³, hoy en día existen dos tendencias para la obtención de estos saberes, la primera es la que se obtiene a través del estudio formal, es decir, aquella que se adquiere por medio de la educación recibida en instituciones dedicadas al aprendizaje académico (entendiéndose éste como el proceso de

¹³ Entendiendo conocimiento científico como *“El conjunto ordenado, comprobado y sistematizado de saberes obtenidos de forma metódica y sistemática a partir del estudio, la observación, la experimentación y el análisis de fenómenos o hechos, para lo cual se vale de una serie de rigurosos procedimientos que dotan los datos y las conclusiones obtenidas de validez, objetividad y universalidad”* (Coelho, 2019, s/pág.).

enseñanza- aprendizaje¹⁴ dentro de los procesos del aprendizaje humanos) y la otra por medio de la divulgación científica.

En el caso del aprendizaje académico los temas a aprender tienen como objetivo, en el nivel más alto, la formación de una persona como profesional en un área específica por lo que, una vez terminada la educación en los niveles básicos, en los cuales se incluyen temas de conocimiento general incluyendo los científicos, pero sin mayor profundidad; el acceso a los conocimientos se ve restringido únicamente a aquellos que tengan alguna relación con el área de estudio profesional.

Para poder comprender un tema científico desde este tipo de enseñanza se debe realizar previamente una transposición didáctica¹⁵, esto en el sentido de la reelaboración de un material científico adecuándolo a un público escolar para que éste pueda ser entendido de manera sencilla, a este proceso se deben añadir otros como la adaptación a la edad del público escolar a quien va dirigido dicha información como menciona Blanco (2004, pág. 72):

Han de ser conjugados y equilibrados aspectos científicos y aspectos educativos [...]. Por ejemplo, la selección de aquello considerado importante desde la ciencia de los expertos con las edades y las características de los estudiantes y los objetivos que persigue el sistema educativo”.

A finales del siglo XX la educación formal comenzó a tomar un nuevo rumbo a nivel mundial, la tecnología y la información comenzaban a ser accesibles para la población como nunca se había visto, es aquí cuando surge el término Alfabetización Científica¹⁶, un término que hace alusión a un bagaje de conocimientos que los individuos deben poseer para poder entender conceptos que les permitan aprender de manera racional conocimientos futuros menciona (Blanco, 2004, pág. 74).

¹⁴ Específicamente este proceso consiste en “*el movimiento de la actividad cognoscitiva de los alumnos bajo la dirección del maestro, hacia el dominio de los conocimientos, las habilidades, los hábitos y la formación de una concepción científica del mundo*” (Colectivo de Autores, 2004, s/pág.).

¹⁵ La transposición didáctica se refiere a “*el proceso por el cual se modifica un contenido de saber para adaptarlo a su enseñanza. De esta manera, el saber sabio es transformado en saber enseñado, adecuado al nivel del estudiante.*” (Chevallard, La trasposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado, 2005, pág.45).

Esta alfabetización científica contribuyo y continúa contribuyendo al desarrollo de las sociedades modernas que sí bien no se han acercado por completo a los materiales especializados del conocimiento científico cuentan con un desarrollo cognoscitivo que les permite la comprensión de temas en un sentido general y por lo tanto un acercamiento a la ciencia que puede volverse más profundo, una vez que se les motive de una manera adecuada, la cual dadas las condiciones actuales puede ser a través de los nuevos medios tecnológicos.

Por otro lado, se encuentra además la difusión del conocimiento por medios no necesariamente de instituciones educativas, a ésta se le conoce como divulgación científica¹⁷, la cual, si bien tiene la misma finalidad que la académica, se diferencia de la enseñanza formal en varios aspectos, el más importante de todos, es que la divulgación científica que se realiza como un acto voluntario de los individuos, algo que no siempre sucede en el conocimiento formal, pues en la mayoría de los países actualmente es obligatorio cumplir con cierta preparación académica; la cual por lo demás tiene que cumplir con legislaciones y estructuras que la convierten en un tipo de información más cerrada, pues una vez que llega al estudiante ya ha pasado ciertos filtros, como menciona Fourez (1997, pág. 91): *“Las prácticas de enseñanza heredadas del siglo XIX están limitadas a proponer sistemas científicos aislados de toda dimensión histórica y contexto”*.

La divulgación científica llega a la sociedad contemporánea por varios medios de comunicación, libros, revistas, prensa, centros de investigación, etcétera; esta información al igual que sucede con la enseñanza académica pasa por una transposición didáctica para su entendimiento público, aunque más abierta que la escolarizada, sin embargo, no siempre sucede de esta manera como es el caso de revistas especializadas, lo que la limita a la escolaridad alcanzada por una persona para poder ser entendida, como Blanco (2004) menciona: *“los medios audiovisuales predominan entre las personas con un nivel de estudios bajo y los medios escritos entre las personas con estudios secundarios o universitarios”* (pág. 77).

¹⁷ Como definición de divulgación científica se encontró que: *“Puede percibirse como la vulgarización o popularización de un saber técnico o especializado supuestamente ininteligible para los legos, [...] también puede entenderse como una tarea de traducción o interpretación entre registros diferentes de un mismo idioma: entre el propio de cada disciplina y la variedad funcional más general, al alcance del público no especializado.”* (Blanco, 2004, pág. 76).

Con la era digital estos medios de divulgación se han ampliado en ventaja a que cualquier persona que cuente con un dispositivo electrónico con acceso a Internet, tiene al alcance información ilimitada sobre cualquier tema, sea esta científica u otra. Este fenómeno anterior ha lanzado como consecuencia la aparición del término e-ciencia ciudadana o “ciber-ciencia”¹⁸, este término refiere a la participación de ciudadanía no solo en la recepción de la información, sino además en proyectos de investigación para la generación de nueva información como declara CONABIO “*a menudo en colaboración con o bajo la dirección de científicos profesionales e instituciones científicas*” (2019, s/pág.), creando de esta manera no solo receptores pasivos de la información además productores de ella, algo que los convierte en “prosumidores”¹⁹.

Partiendo de lo anterior, se tiene que sí bien la enseñanza académica no ha logrado crear una sociedad con un entendimiento científico pleno, sí ha logrado dotar de herramientas cognitivas permitiendo el desarrollo de conocimiento especializado deseado, además, tomando en cuenta lo mencionado por la UNESCO (2018), del tema de la divulgación científica y a las personas con menor formación escolarizada, está última sigue siendo una parte importante de población a nivel mundial 263 millones, tan solo en niños y jóvenes (UNESCO, 2018, s/pág.), prefieren la divulgación por medios audiovisuales, los cuales se encuentran en su apogeo de desarrollo tecnológico; en consecuencia, se puede inferir que la mejor forma de continuar alfabetizando científicamente a la población, es a través de los productos audiovisuales, los cuales cuentan con la suficiente predisposición de atención a la gente, ya sea ésta de educación superior o no.

1.2 la relación entre el arte de temática científica y la enseñanza.

En las próximas páginas se hablará del enlace que forman el arte y la ciencia para la transmisión del conocimiento, y del cómo el arte, especialmente el referente a la

¹⁸ Complemento debemos saber que “*Es un término relativamente nuevo que se aplica a una práctica que data de hace siglos, pero que el uso de TIC ha proyectado al siglo XXI*” (Finkelievich & Fischnaller , 2014, pág. 13).

¹⁹ Esta palabra que proviene de un anglicismo refiere que: “*Los clientes se vuelven “prosumidores” al co-crear bienes y servicios en vez de limitarse a consumir los productos finales. En la eCC los ciudadanos se vuelven prosumidores de la ciencia*” (Finkelievich & Fischnaller , 2014, pág. 13).

producción de imágenes, que ha facilitado dicha transmisión del conocimiento científico mediante el desarrollo de la imagen en este ramo.

Para delimitar de mejor forma los conceptos tratados en este subtema, se comenzará por definir qué es el arte de temática científica, y por otro lado se abordará la enseñanza únicamente desde dos perspectivas, primero la enseñanza académica formal y segundo: la enseñanza como adquisición de conocimiento por medio de la divulgación científica.

Dentro de las definiciones de arte científico se pueden encontrar dos posiciones, en primera instancia se encuentra aquel creado a partir de la investigación artística, de la cual Zambrano (2016) menciona:

Si bien, la investigación artística no busca producir conocimiento de la manera en la que lo hace la investigación científica, busca mejorar y ampliar el universo simbólico y estético en el que se desenvuelve el ser humano. En este sentido, la investigación artística incluye la producción de imágenes, narrativas, sonidos o experiencias, amplía la posibilidad de producción de sensaciones y sentidos. (pág. 115).

Marcelo Zambrano postula en su artículo que la investigación en materia artística, no rige sus métodos de desarrollo bajo los mismos criterios que la ciencia, es decir el método científico²⁰, pues el fin último de la investigación artística, no es la comprobación de una hipótesis con el fin de formalizar un conocimiento que pueda ser reproducido posteriormente, sino entender aquello que cimienta el trabajo artístico (reglas, composición, signos, lenguaje, etc.), contextualizarlo y redefinirlo cada vez, para así crear nuevas experiencias dentro de las producciones artísticas.

Continuando con las diferencias que se puede encontrar entre ambos tipos de investigación, Esperón (2012, s/pág.) en su artículo *Arte y estética en el proceso de*

²⁰ Relacionado al método científico como regla para llevar a cabo una investigación se encontró que: *“El método científico ha caracterizado a la ciencia natural desde el siglo XVII, y consiste en la observación sistemática, la medición, la experimentación, la formulación, el análisis y la modificación de las hipótesis”* (Labajo, 2015- 2016, s/pág.).

creación científica menciona que para poder hacer un estudio de carácter científico se debe partir de hechos observables, mientras que por otro lado las ideas artísticas no precisan de ser corroboradas para ser tomadas como objeto de estudio, ratificado en la cita: “*hay cualidades y atributos artísticos y estéticos en una teoría, una ley o un concepto científico, y [...] percatarnos de la ayuda que recibe el arte de la ciencia y la tecnología para crear obras y piezas novedosas e incluso transgresoras*” (idem., 2012).

La segunda vertiente y en la que encuentra su mayor peso este proyecto artístico, contempla el sentido de arte que Alexander von Humboldt²¹ describió, como arte al servicio de la ciencia, y más específicamente al hacer referencia al arte de la representación es decir al dibujo y pintura, tal como se expone:

“Para Humboldt la tarea científica de la pintura consistía, sobre todo, en elaborar una representación topográfica, exacta y fisonómica, de la naturaleza, al servicio de un estudio comparado de las distintas regiones. [...] buscaba la representación de formas que marcaban el ambiente a través de su pintura artístico-fisonómica.” (Garrido, Rebok, & Puig-Samper, 2016, pág. 369).

Esta vertiente artística sí bien no se encuentra subordinada a la ciencia, sí pone a su disposición las habilidades de los artistas para la obtención de imágenes que puedan, además dotar de información a aquellos que las observan. Aparte de Humboldt quien dio a este tipo de arte el carácter formal de arte científico, se pueden encontrar antecedentes con propósitos similares en artistas como Leonardo Da Vinci, cuyos dibujos anatómicos altamente detallados, contribuyeron al estudio de ciencias como la medicina: “*se le considera el iniciador de la ilustración científica moderna, considerada vehículo pedagógico y medio de investigación.*” (De la Hoz & Lahera, 2016, pág. 76).

²¹ En de los aspectos biográficos de Alexander von Humboldt se encuentran sus aportaciones a diversas ramas del estudio de la naturaleza “*Considerado el padre de la geografía moderna universal. [...] Sus viajes por Europa y América del Sur –con parada en Canarias– aportaron una nueva visión de la naturaleza desde el humanismo, la zoología, la geología, la vulcanología, la etnografía, la climatología y la botánica, entre otras. En realidad, fue el primer científico de la naturaleza, el primer ecólogo.*” (Marcos, 2019, s/pág.).

Dentro de las muchas formas en que el ser humano obtiene conocimiento, se puede distinguir a la enseñanza educativa formal como la base del conocimiento en las sociedades modernas, en ella se forjan además los cimientos para la generación de nuevo conocimiento, como argumenta (Blanco, 2004) en *Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia*:

En términos generales podemos diferenciar dos grandes finalidades de la educación científica: a) la formación de científicos [...], es decir el acceso a la práctica de la ciencia de una parte minoritaria de la sociedad para que sea el agente activo del desarrollo científico-tecnológico, y b) la mejora del nivel de conocimientos científicos de los ciudadanos. (pág.72).

Por las líneas anteriores, se puede deducir que la enseñanza formal en lo que respecta a la educación de las ciencias exactas tiene dos variantes: la primera, el captar como la parte de la enseñanza más especializada, aquella que mediante el entendimiento de lenguaje y metodologías técnicas busca la formación de nuevos individuos que continúen ampliando el conocimiento ya existente, y que posteriormente pueda llegar a actualizar el propio conocimiento científico, y a la vez pasar del mero conocimiento a la aplicación útil del mismo dentro de la sociedad. Sin embargo, para lograr llegar a la enseñanza científica especializada se debe primero atravesar la otra vertiente de la que nos habla Blanco en la cita inmediata anterior, es decir la que se encarga de que el conocimiento científico llegue a la mayoría de la sociedad de una forma entendible, por medio de transposición didáctica²², que permite establecer las bases del conocimiento a un nivel más general pero que es de vital importancia para esa parte de la sociedad que decide profundizar en la ciencia a un nivel profesional.

Sobre el tipo de enseñanza formal, el arte convertido en imagen posee un lugar fundamental, puesto que la transposición didáctica recurre a ella como un método visual para comprensión de información, en la que las simples descripciones resultan

²² La Transposición didáctica hace referencia al proceso de transformar un saber a un contenido educativo, “un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza” (Chevallard, La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado., 2000, pág. 45).

insuficientes, ello vuelve al arte complemento obligado en la comunicación del saber científico:

La comunicación gráfica ha estado presente de una forma u otra a lo largo de toda la historia humana y de la construcción de las ciencias naturales. Por esto la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias no pueden realizarse al margen o por fuera de este recurso comunicativo que complementa y amplía la verbalidad. (Grilli, Laxague, y Barboza, 2015, pág. 100).

Por otro lado, el resto de la sociedad que no busca ser profesional en temas de ciencia, pero que desea mantener actualizados sus conocimientos y ahondar más en la ciencia, recurre a la adquisición de conocimiento por medio de la divulgación científica, a la par que la comunidad científica da a conocer los resultados de investigación al resto de la sociedad por medio de esta.

La divulgación científica atiende a formas más diversas para transmitirse, debido a que se deben tomar en cuenta factores que involucran a los destinatarios, por ejemplo edad, nivel educativo, conocimientos previos, etcétera, lo que vuelve más compleja su adaptación desde la información especializada original, ratificado ello en la siguiente cita: *“La tarea divulgativa, así entendida, requiere no solo a elaboración de una forma discursiva acorde a las nuevas circunstancias [...] sino la reconstrucción, la re-creación del mismo conocimiento para una audiencia diferente”* (Blanco, 2004, pág. 76). Por ello no es de extrañar que los medios elegidos para la retransmisión y reconstrucción del conocimiento en la divulgación sean variados, y es aquí donde el arte toma un papel fundamental, puesto que las maneras de expresar las ideas -propias del arte-, en formas variadas permiten al conocimiento, ser presentado de manera más atractiva, adaptándose a los posibles públicos con mayor facilidad, confirmado como sigue: *“Los productos audiovisuales. Tienen una gran trascendencia social y además suelen producir un notable impacto en los estudiantes.”* (Blanco, 2004, pág. 77).

Para concluir este subtema, la ciencia no es ajena a al arte, sino que por el contrario, encuentra en ésta un aliado que ha permitido su avance y evolución en la comunicación gráfica, y que gracias a esta comunicación la sociedad ha sido capaz de comprender el saber científico.

1.3 Tendencias de representación digital dentro de la biología celular.

En los siguientes párrafos se dan algunos ejemplos de artistas contemporáneos en el área de la representación gráfica en las ciencias biológicas; así como la finalidad a que se destinan dichos gráficos.

Contrario a lo que se pensaría, el dibujo científico sigue vigente dentro la gráfica científica como menciona Grilli y otros (2015, pág. 98) en su artículo Dibujo, fotografía y biología: “*En las publicaciones científicas actuales dibujo y fotografía se complementan, no se excluyen.*”. Entre algunos de los ejemplos que se pueden encontrar acerca de la generación de dibujo o pintura en el ramo biológico, se hallan trabajos del científico y artista Felipe Serrano quien realizó imágenes digitales a través de programas como Ilustrador, enfocando su trabajo en la creación de imágenes editoriales y ha trabajado para revistas tales como Nature Cell Biology como menciona (Proyecto Explora- Los rios., 2019, s/pág.).

En esta misma línea de las ilustraciones para revistas o libros, se encuentra Ella Marushchenko, quién ha especializado su trabajo al grado de ser directora de su propio estudio de diseño y animación enfocado enteramente a la ilustración científica: *Ella Maru studio*, trabajando para importantes universidades y revistas en Estados Unidos, como se puede ver en su página web <https://scientific-illustrations.com/>.

De acuerdo con Walker (2016, s/pág.) en *The Path of a Scientific Illustrator: An Interview with Ella Marushchenko*, la artista maneja técnicas tanto tradicionales como digitales, influyendo en gran medida sobre el artículo o revista en la cual será realizada dicha imagen; referido a macroestructuras como plantas perfectamente adaptables a las técnicas tradicionales (acuarelas, acrílicos, oleos), y microestructuras (como las células) que requieren ayuda de programas por computadora con técnicas del 3D para lograr un mayor detalle.

En los párrafos anteriores se pudo dar a conocer, que uno de los ámbitos donde se desarrolla activamente el arte científico es dentro de proyectos editoriales, revistas de divulgación científica y artículos especializados. De acuerdo con Grilli (2015) es

importante hacer una diferencia entre los trabajos realizados para la divulgación y los de corte académico, pues mientras las piezas hechas para divulgación pueden hacer uso de la edición digital, las imágenes destinadas a apoyar un *paper* deben ser lo más apegadas a la realidad posible (págs. 96-97). Se puede examinar así, que la ilustración científica también varía de acuerdo con los públicos a los que va dirigido el proyecto, y por lo tanto dentro de la divulgación, la variedad de estilos de representación será más amplia, pues su objetivo no solo será mostrar un hecho concreto sino atraer un público.

Otro artista e investigador cuyo trabajo se enfoca en la biología molecular y estructural²³, que realiza ilustraciones y pinturas haciendo uso de técnicas tanto tradicionales (como la acuarela) y digitales con ayuda de programas y bancos de datos, es el estadounidense David Goodsell. El artista, además interesado en mejorar y optimizar las técnicas para la creación de imágenes estructurales de células para otros investigadores, ha desarrollado un programa de software (CellPAINT) para la creación de imágenes celulares a partir de información sobre los comportamientos celulares más precisos posibles y de los cuales ha creado diversos pinceles digitales con los que se imitan las formas internas celulares, como menciona el mismo autor (2021, s/pág.) en *Art as a tool for science*. Goodsell además explica en su artículo, la importancia que tiene para la investigación poder realizar hipótesis a partir de la visualización de modelos celulares y lo que sucede cuando trabajan los distintos mecanismos celulares.

Lo dicho por este autor nos da entender que el arte científico, además, no solo es para acompañar los resultados finales de un artículo de investigación, sino que también es requerido a lo largo de toda la búsqueda previa, como una herramienta activa de consulta en modelos celulares como los que se pueden encontrar en los bancos de datos y de los cuales además, se anota como: “*inventado todo un lenguaje visual para describir las estructuras y propiedades de las proteínas y ácidos nucleicos*” (Goodsell, 2021, s/pág.).

²³ Acerca de la esta rama de la biología se encontró que “*La biología estructural es la ciencia joven y revolucionaria de la segunda mitad del siglo XX (Watson y Crick, 1953) que nos reveló la estructura única de la doble hélice del ADN, explicando el mecanismo de la duplicación del material genético con una escultura molecular maravillosa.*” (Zapatero, 2007, s/pág.).

Por último, se mencionará a la investigadora y artista del Massachusetts Institute of Technology (MIT) Felice Frankel, cuyo medio de expresión es la fotografía y de cuyos trabajos se han hecho libros recopilatorios; ella abarca una amplia variedad de temáticas científicas en sus fotografías que van desde metales oxidados, a colonias de bacterias, nanocristales²⁴ y microfluidos²⁵ como menciona (Ventura, 2013, s/pág.). La autora menciona a Frankel como una incansable pedagoga, pues la artista además ofrece talleres, para ayudar a quienes dedican su vida a la investigación a mejorar la comunicación de sus ideas, a través de la imagen, para ello su asistente la fotógrafa, Ellan Spero en palabras de Ventura (2013) declara: *“Es común la errónea concepción de que las buenas ideas, o los datos interesantes pueden simplemente hablar por ellos mismos”* (s/pág.). Lo dicho por Ellan Spero indica en buena medida, una buena investigación no puede prescindir del apoyo gráfico, y que por otra parte éste enriquece su entendimiento al mismo tiempo que funge como un discurso al nivel de los datos por escrito. Por lo demás, la labor docente desempeñada por Felice Frankel denota el interés de la comunidad científica en el arte de la comunicación visual. En las siguientes Figuras (1 a 4) se mostrarán algunas de las piezas realizados por cada uno de los artistas mencionados en este apartado.

²⁴ Este tipo de materiales son apreciados en el campo tecnológico: *“Cada una de estas partículas puede contener desde varios centenares de átomos hasta miles de átomos, dependiendo de su composición. Y, además, estos átomos están dispuestos de manera ordenada, que es, precisamente, lo que confiere a la partícula su estructura cristalina.”* (López, 2015, s/pág.).

²⁵ Alrededor de los microfluidos se ha desarrollado toda una actividad denominada microfluídica, que se describe como sigue: *“[...] sus características fundamentales son el empleo y control de pequeños volúmenes (líquidos o gaseosos) y la multidisciplinaria complejidad de los principios físicos y los dispositivos empleados”* menciona (Fernández D. , 2011, pág. 60).

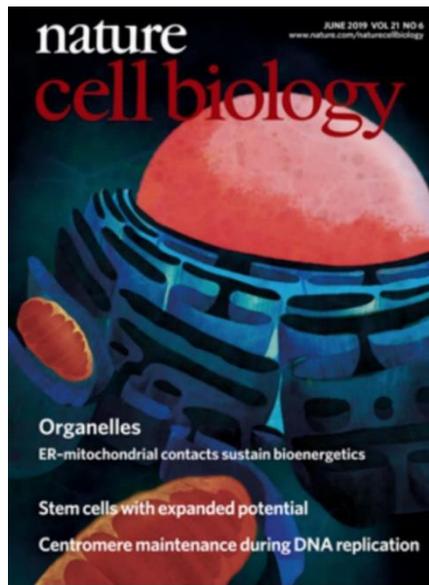


Figura 1. Organelos por Felipe Serrano. Imagen consultada en la dirección URL: <https://illustrative-science.com/home/>



Figura 2. Coronavirus por David Goodsell. Imagen consultada en la dirección URL: <https://www.zocalopublicsquare.org/2020/03/04/what-does-coronavirus-look-like/viewings/glimpses/>

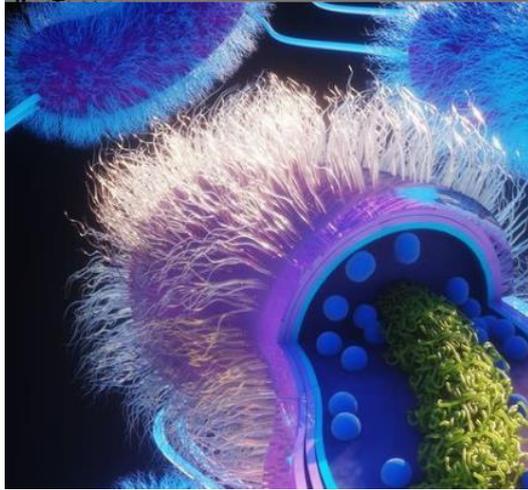


Figura 3. Detalle de E coli por Ella Marushenko. Imagen consultada en la dirección URL:
<https://www.instagram.com/p/CTkOA0-DWVy/>



Figura 4. “Yeast Flower” (Flor de levadura) por Felice Frankel. Imagen consultada en la dirección URL:
<https://pdnonline.com/photography-business/photo-clients/felice-frankel-on-creating-compelling-science-pictures/>

Capítulo II. Desarrollo de las obras pictóricas digitales.

El cerebro expresando su universo.

En este capítulo se expone el proceso creativo de la serie de pinturas digitales del proyecto; el apartado se divide en los subtemas: 3.1 Especificaciones de equipo: hardware y software; 3.2 Ejecución: concepto y bocetaje con aplicación de color; y el 3.3 Montaje.

2.1 Especificaciones de equipo: hardware y software.

La descripción del equipo y programas utilizados en la ejecución artística; hace mención a modelos y versiones de software, así como un sumario de los programas gráficos usados en este proyecto. Dentro del equipo hardware requerido para trabajar en la serie, se dispuso del uso de herramientas profesionales con capacidad para soportar los softwares de creación de gráficos. Se contó con una computadora portátil con procesador Intel CORE i5, con una memoria RAM²⁶ de 8 GB y una tarjeta gráfica NVIDIA 930MX; Fernández (2021) sobre la RAM señala: *“La RAM sirve para que el ordenador o dispositivo móvil gestione los datos de las aplicaciones en funcionamiento, la cantidad que tengas afecta directamente al rendimiento de tu dispositivo”* (s/pág.).

Por lo anterior, para evitar problemas futuros, se trató de atender a las especificaciones promedio de Adobe²⁷, recomendadas para el uso de sus programas de creación audiovisual en sus versiones actuales, consultadas en la Guía del usuario en línea helpx.adobe.com donde se recomienda como mínimo una RAM de 8 GB.

Otra característica es la tarjeta gráfica, un accesorio necesario para el trabajo digital, de ella depende la capacidad y calidad de reproducción los medios gráficos computacionales; el proyecto se sirvió así, de una computadora con una tarjeta no integrada o dedicada, es decir, que no integrada con el procesador, o bien una pieza conectada posteriormente; Fernández (2021) sobre las tarjetas gráficas menciona:

²⁶ RAM por sus siglas en inglés significa: *“Random Access Memory, lo que traducido al español sería Memoria de Acceso Aleatorio”* (Fernández, 2021, s/pág.).

²⁷ Acerca de Adobe Creative Cloud se encontró que: *“Es una colección de más de 20 aplicaciones y servicios para escritorio y dispositivos móviles de fotografía, diseño, video, sitio web, experiencia de usuario y más.”* (Adobe, s.f, s/pág.).

Uno de los aspectos por los que las tarjetas gráficas cobran más importancia es por lo exigente que puede ser el procesado de datos visuales en los videojuegos y la edición de vídeo o fotografía. En estos casos, sobre todo en la edición de vídeo de altas resoluciones y la de juegos de última generación, suele tocar recurrir a una tarjeta gráfica externa lo más potente posible. (s/pág.).

Otro aspecto fundamental para concretar la serie pictórica fue el uso de una tableta gráfica Intuos Comic, que funciona como un lápiz o pluma dentro del software de dibujo, permitiendo una mejor precisión a la hora de hacer el trazado de las líneas en el dibujo, en comparación con la herramienta ratón/ mouse, la pluma permite emular de mejor manera los movimientos y la presión de la mano sobre el lienzo digital, dando variación a la calidad de la línea.

Una ventaja de la tableta gráfica frente a los medios tradicionales, es que permite acceder a varias prestaciones con una sola herramienta, como afirma Poto (2018): *“Puedes tener en la mano un lápiz 2B, y al segundo siguiente una brocha cargada hasta arriba de pintura del color que quieras, o un pincel con tinta china”*; sin embargo, el mismo autor agrega sobre una desventaja de los medios digitales: *“La textura (entendiendo textura como algo plástico, que sale del soporte) es algo que perdemos con la ilustración digital.”* (s/pág.).

En el caso de los programas especializados para el proceso, se dispuso de dos en la creación y tratamiento de imágenes; el primero *Easy Paint Tool Sai*, cuyo enfoque va dirigido al dibujo y pintura, mientras que el segundo en *Photoshop*, que aunque ofrece herramientas para el dibujo y pintura, su principal función está dirigida a la edición de imágenes.

Easy Paint Tool Sai es un software japonés de dibujo, de uso ligero para Microsoft Windows, usándose la versión de prueba (última versión del sitio oficial), cuya interfaz se aplicó en la primera fase de bocetaje y pintado para las pinturas. Complementando sobre las virtudes de la interfaz y de las herramientas de dibujo, Marín (s.f.) anota: *“Uno de los puntos más fuertes [...] es la variedad de herramientas de dibujo que contiene. Entre ellas acuarelas, tiralíneas, marcadores o el aerógrafo que permiten su fácil y*

rápida personalización y almacenado.” (s/pág.); sumada con la compatibilidad del formato de archivo para Photoshop.

De Easy Paint Tool Sai y su sitio oficial Systemax (2021, s/pág.), se tiene que fue desarrollado por el programador Koji Komatsu en el año 2004, con lanzamiento en su primera versión el 25 de febrero del 2008, fecha desde la cual se tienen versiones subsecuentes, la última corresponde a la versión beta²⁸, de la 2.0.0 del 28 de febrero del 2021. Para la segunda fase de la serie pictórica (montaje, edición y detalles finales), se hizo uso del programa de edición de imágenes de Adobe Photoshop con uso de licencia educativa en su versión 2020. Photoshop es actualmente uno de los programas de manipulación de imágenes más populares en el mundo, por lo cual el conocimiento de las herramientas de su interfaz se ha convertido en un estándar dentro del mundo de la creación de imágenes digitales, tal como expresa Mujica (2021): *“es el software de diseño gráfico más famoso para diseñadores gráficos y directores de arte”* (s/pág.). Photoshop además, es un programa de actualización constante; y que parafraseando a Soler (2019, s/pág.) cuenta con versiones mejoradas continuas, desde su aparición en el año 1990 cuando fue creado por los hermanos Thomas, Glen y John Knoll, se resalta que su versión de 1994 incluye por primera vez el sistema de capas o layers, que cambiaría por completo la forma de manipular y crear de imágenes digitales.

2.2 Ejecución: Del concepto y bocetaje hasta la aplicación de color.

La naturaleza tiende a repetir sus patrones en diversas creaciones, desde las diminutas en los mundos invisibles al ojo humano, hasta aquellos inmensos imposibles de ver en su totalidad; es decir que el patrón encontrado en la ramificación de un árbol, se puede repetir en formas microscópicas como en las neuronas, o contrariamente en algo macroscópico como un rayo, tal como se cita: *“Existe un patrón de conjunto, el cual se repite, [...] se observa en los árboles, en los ríos desde su nacimiento en las montañas hasta su desembocadura en el mar, en el sistema circulatorio y nervioso de los seres vivos”* (Chejne, 2016, pág. 354).

²⁸ Dentro del desarrollo de productos informáticos encontramos que *“se le llama beta testing o pruebas de software al proceso que permite verificar y demostrar la calidad de un programa cuando está terminado de forma completa o parcial”* (Muñoz, 2018, s/pág.).

Partiendo de esta idea en la replicación de patrones en la naturaleza llamado autosimilitud²⁹, se pensó en un concepto que unificara de manera visual la estética dentro del proyecto y su serie de pinturas, definiendo a las células del sistema nervioso como un universo en sí mismo, en donde el espectador pudiera asociar sus elementos microscópicos con imágenes que pueden observarse continuamente, en espacios naturales visibles para el ojo humano. Para ello se hizo una comparativa de los patrones de fractal³⁰, encontrando puntos de coincidencia entre la apariencia de una red neuronal y el universo, de donde surge la idea de hacer que las pinturas reflejen una estética que emule una mezcla de lo macroscópico como el universo dentro de lo microscópico como lo son las neuronas.

En una analogía de lo mencionado sobre la relación de autosimilitud; se pudo observar un conjunto de células neuronales cultivadas para hacer experimentos *in vitro*³¹ enfocados en la prevención de daños cerebrales mostrados en la Figura 5; mientras que en la Figura 6 se expone adaptándose a siguiente citación: “*Muestra la estructura más grande conocida en el Universo: una red de filamentos formada por supercúmulos de galaxias. La escala corresponde a cientos de millones de años luz de un extremo al otro de la imagen.*” (La Redacción, 2019, s/pág.).

²⁹ Se encontró sobre la autosimilitud que “Describe cualquier cosa en la que la misma forma se repite una y otra vez a escalas cada vez más pequeñas” (BBC News Mundo, 2019, s/pág.).

³⁰ Acerca de los fractales se puede leer que: “Un buen ejemplo son las ramas de los árboles. Se bifurcan y se bifurcan nuevamente, repitiendo ese simple proceso una y otra vez a escalas cada vez más pequeñas. [...] la base de un tipo completamente nuevo de geometría...es a eso a lo que le dio el nombre de fractal” (BBC News Mundo, 2019, s/pág.).

³¹ Como definición: “Los experimentos *in vitro* son realizados en dispositivos de laboratorio utilizando tejidos, células o moléculas provenientes de las especies animales.” (Fina, Lombarte, & Rigalli, 2013, pág. 283).

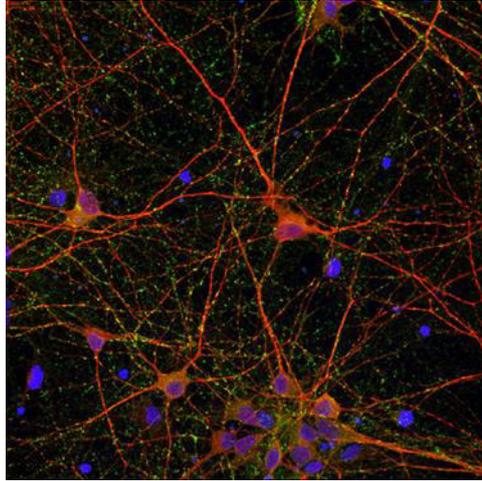


Figura 5. Imágenes de microscopía de cultivos de células neuronales realizados por los científicos del IBB-CSIC. (*Investigadores del CSIC, 2013*). Imagen consultada en la dirección URL: <https://rdcsic.dicat.csic.es/biologia-y-biomedicina>.

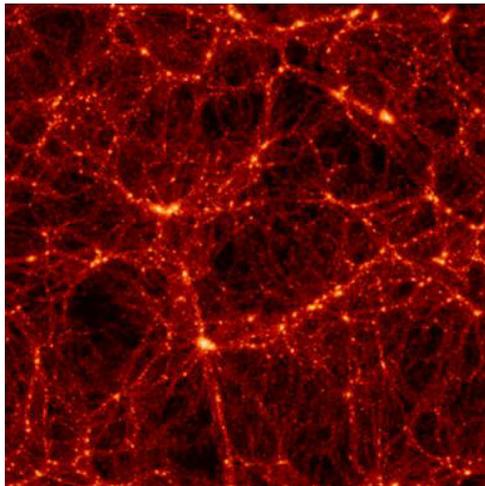


Figura 6. Imagen de la densidad de una delgada porción del universo. La estructura de los cúmulos de telarañas de galaxias parece unir todos estos cúmulos por filamentos de materia. Imagen consultada en la dirección URL: <http://www.astronoo.com/en/galaxy-clusters.html>

Una vez decidido el concepto estético en torno al cual derivaría la serie pictórica, se procedió a una investigación citológica³², acerca de la apariencia de las neuronas (color, consistencia, formas, tipos, etc.) y sobre todo como luce el proceso de sinapsis química³³ (fases en las que sucede), para tener bases visuales como punto de partida para creación de los bocetos y poder elegir el número de pinturas pertinente, para una descripción adecuada de cada parte del proceso. Para la consulta y documentación de las imágenes, se utilizaron diversos recursos, con documentos referidos al sistema nervioso, artículos, videos de simulación o capturas realistas, así como fotografías de microscopio electrónico y los valiosos dibujos neuronales de Santiago Ramón y Cajal³⁴, artista y científico de quien se inspiran la presente investigación y proyecto artístico, y que Klein (2017, s/pág.) le categoriza en el título de una de sus obras: “[...] *el hombre que dibujó los secretos del cerebro*”. A continuación, las Figuras de 7 a 11, muestran parte de las imágenes revisadas y referenciadas para este trabajo.



Figura 7. Célula piramidal de la corteza cerebral teñida con la técnica de Golgi. Imagen consultada en libro electrónico: BARR. El sistema nervioso humano. Una perspectiva anatómica.

³² Con relación a la citológico se encontró que: “*La citología (del griego kytos: espacio hueco o celda) se encarga de analizar la forma y la estructura de los diferentes tipos celulares.*” (Díaz P. , 2018, pág. 48).

³³ Según (Duque, Morales, & Duque , 1997) La sinapsis es una zona de conexión de unas neuronas con otras, que asegura comunicación de éstas con el resto del cuerpo humano, y existen dos tipos de sinapsis, la sinapsis bioeléctrica (eléctrica) y la sinapsis bioquímica (química).

³⁴ Sobre Ramón y Cajal fue “*un artista, fotógrafo, doctor, fisicoculturista, científico, jugador de ajedrez y editor. También fue el padre de la neurociencia moderna*”. (Klein, 2017, s/pág.).

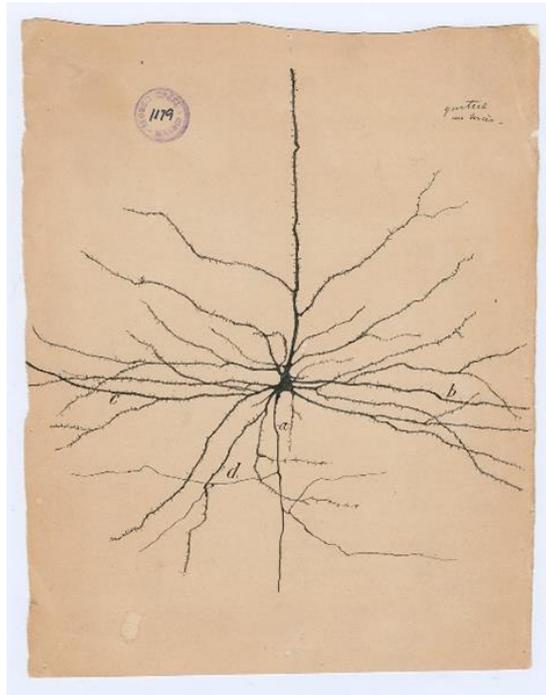


Figura 8. Neurona Piramidal por Santiago Ramón y Cajal. Imagen consultada en la dirección URL:<https://www.facebook.com/AcklandArtMuseum/photos/open-today-the-beautiful-brain-the-drawings-of-santiago-ram>

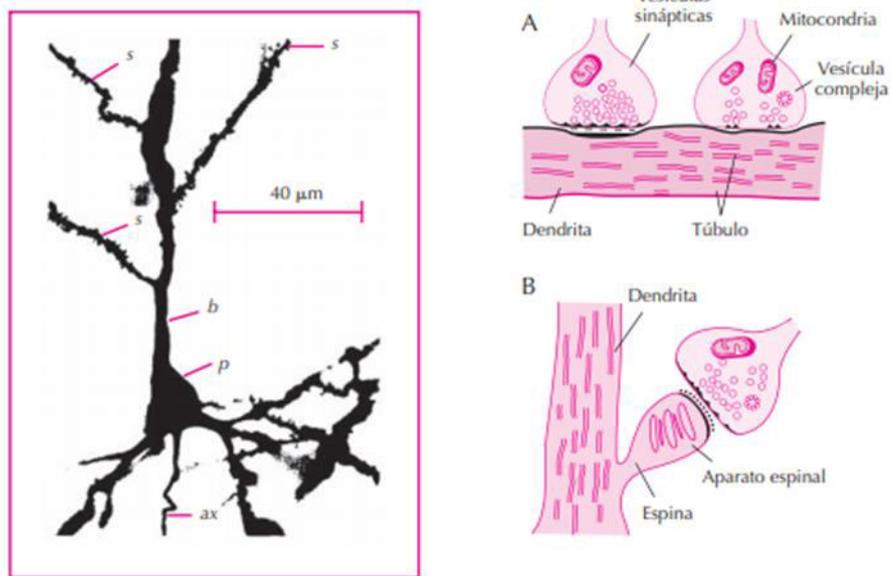


Figura 9. Sinapsis neuronales. En la izquierda se muestra una neurona (con tinción de Golgi), con espinas dendríticas. En la parte derecha se muestra un esquema de sinapsis en dendritas y en las espinas dendríticas (de Eccles, 1964). Imagen consultada en la dirección URL:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/58706914/Fisiologia_humana_tresguerres_3_ED_2005.pdf

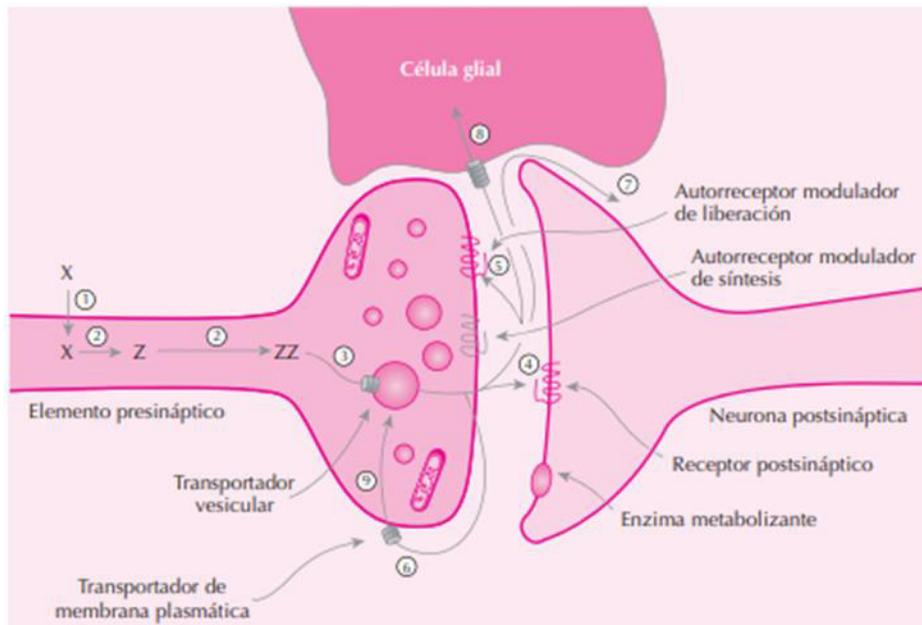


Figura 10. Esquema de los diferentes mecanismos que intervienen en la síntesis, acumulación, liberación y degradación de un neurotransmisor (NT) Z en una sinapsis química. (Zigmond M.J. et al. Fundamental Neuroscience, 1999) Imagen consultada en la dirección URL:https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/58706914/Fisiologia_humana

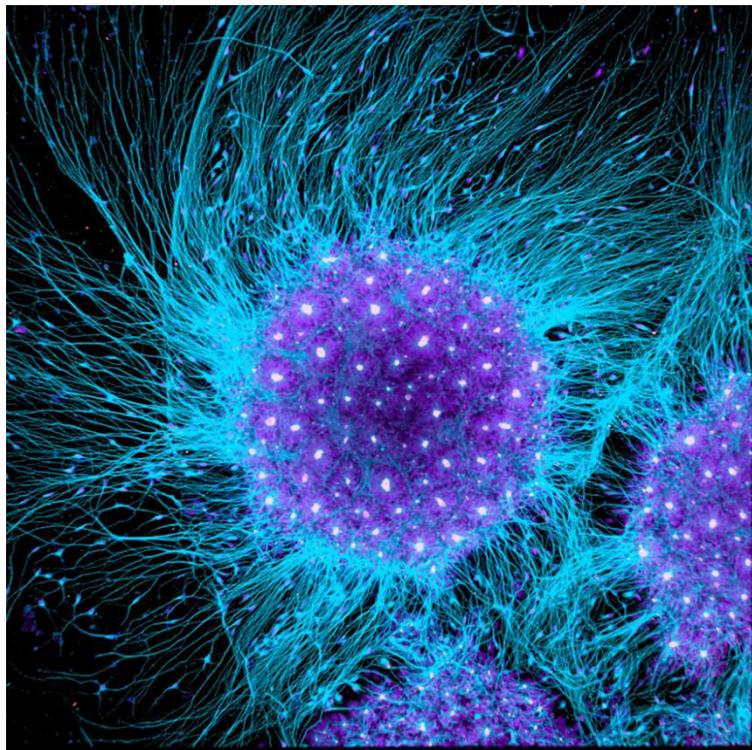


Figura 11. Roseta neuronal humana: células cerebrales primordiales diferenciadas de las células madre embrionarias. Foto: Dr. Gist F. Croft, Lauren Pietilla, Stephanie Tse, Dr. Szilvia Galgoczi, Maria Fenner, Dr. Ali H. Brivanlou / NIKON Small World Photomicrography 2016. Imagen consulta en la dirección URL: [/www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es)

Continuando, en la fase de exploración y estudio documental, se determinó que la descripción de este proceso bioquímico se dividiera en cuatro pinturas, que contemplaran los momentos más relevantes de la transmisión de información entre neuronas. Dichos momentos quedaron ordenados a partir de la visualización de las estructuras más grandes, como la célula nerviosa entera y sus partes, que permiten la función de la salida de señal hacia la siguiente neurona, hasta el momento en que se libera pasando a la hendidura sináptica³⁵ entre ambas neuronas; llegado a este punto, se aclara que las pinturas han sido ejecutadas para representar el proceso de la transmisión de neurona a neurona, ya que existe también la transmisión de señales de neurona a tejido muscular, u otro tipo de célula no nerviosa, y su representación cambiaría por completo a lo que se intentó mostrar aquí; este comportamiento biológico se ratifica como sigue:

Por último, las neuronas que contactan con los músculos, provocando su contracción, forman unas sinapsis muy grandes denominadas placas motoras, en las que el elemento presináptico es un terminal axónico y el pos sináptico una célula muscular. (Megías, Molist, & Pombal, 2018, pág. 6).

En los siguientes apartados, se describe el proceso creativo de cada pintura digital, desde el bocetaje en papel hasta el montaje ya como obra completa, considerando además el software y sus herramientas utilizadas para el proyecto pictórico digital.

2.2.1 Pintura digital I: *Neurona*.

Dicha pintura surge con de visualidad, de tener elementos repetitivos de la naturaleza en todas sus escalas; por lo cual, la célula nerviosa principal -neurona-, es ideal para lanzar este concepto a la vista del receptor, ya que las extremidades que salen del cuerpo de la neurona comparten forma, con muchos otros elementos naturales como se verá más adelante. Una vez decidido ello, se discriminaron otros elementos que suelen estar conectados o bien acompañando a la célula, para evitar confusión en el

³⁵ Como complemento cabe recalcar que una hendidura sináptica es: “O espacio extracelular existente entre las membranas de la neurona pre y postsináptica. Este espacio puede ir desde los 20 nm hasta los 50 nm.” (Merino & Noriega, 2011, pág. 3).

espectador sin previa documentación en el tema. Por otro lado, la línea de trabajo para esta pintura se dividió en tres partes complejas: el dibujo, el coloreado y el montaje de capas, en donde para la parte del dibujo³⁶, primero se hizo un bocetaje, del cual se acomodó la figura de la neurona en el campo visual, apoyándose en las reglas de composición³⁷, para visualizar integralmente los elementos y que se lograra un mayor impacto formal en el receptor.

Luego, apoyándose en la ley de los tercios, y como Díaz (2017, pág. 54) apunta: *“Esta implica dividir mentalmente el encuadre en tres partes iguales, por lo que se coloca un cuadro con dos líneas equidistantes vertical y horizontalmente, con esto se consiguen cuatro puntos principales”*, dando pauta a la ubicación del cuerpo neuronal en el primer punto principal y del lado derecho inferior, siguiendo con las extremidades más estrechas, llamadas dendritas hacia el cuadrante debajo del mismo tercio, y curvando el axón de la neurona hacia el segundo tercio. y sus terminales terminando el recorrido todo dentro de los primeros dos tercios; en la Figura 12 se muestra el boceto final en su etapa de manufactura tradicional sobre papel.

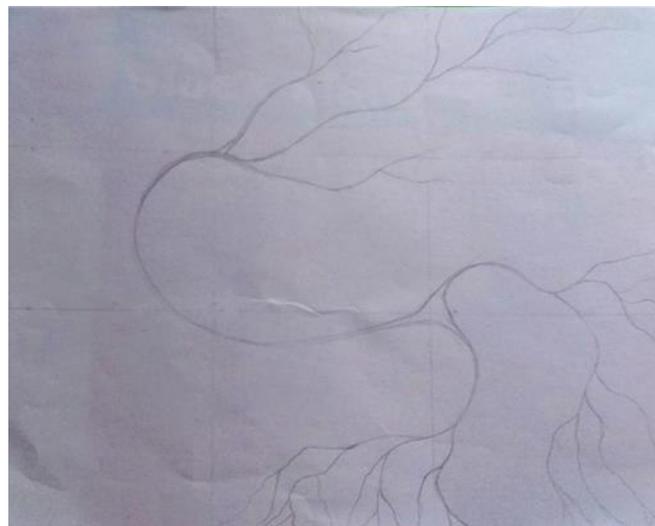


Figura 12. Boceto de neurona (pintura I), el acomodo de la figura está cargado hacia los primeros dos tercios de la derecha siguiendo un movimiento de lectura ascendente para el receptor.

³⁶ En relación con el dibujo este es: *“el principio fundamental del arte plástico y la base estructural de cualquier proyecto de diseño”* (Ruiz, s.f, pág. 4).

³⁷ Acerca de la composición se puede encontrar que es: *“La manera en la que forma, color y movimiento se combinan en una obra de arte.”* (Arnheim, 2011, pág. 9).

Una vez dispuesta la distribución de elementos o formas para la pintura, se procedió a traspasar en dibujo digital; ratificado en lo que Redondo (2008, s/pág.), sobre el trabajo digital anota: “*Consiste en realizar dibujos similares a los que se realizan a mano alzada y con las técnicas tradicionales pero emulándolas con los dispositivos informáticos actuales*”; es así que mediante una fotografía del boceto final, se llevó a su lectura en el software de dibujo digital sketch³⁸, Paint Tool Sai; donde la capa/layer³⁹ perteneciente al archivo fotográfico se bloqueó, para evitar dañar la fotografía original con modificaciones del dibujo digital; luego se abrió una nueva capa -vacía- para la realización de un boceto rápido sobre el original, y de esta manera tener una base modificable en caso de que el entintado digital así lo requiriera.

Para el boceto rápido se utilizaron las siguientes especificaciones: de la barra de pinceles que ofrece Paint Tool Sai por defecto, se tomó el pincel normal en color negro con un tamaño inicial de 3.0 y con la densidad al 100%, la densidad en este programa se refiere a la cantidad de saturación⁴⁰ que tiene el color que se está utilizando, y un difuminado al 50% para dar fluidez a los bordes del trazado y con el estabilizador del trazado en 2.

Paralelamente, el estabilizador jugó un papel muy importante a la hora de realizar un trazo en este programa, que dependiendo del número a seleccionar, así corresponderá la velocidad y la fluidez con que el trazo sea detectado en el lienzo digital, entre más cercano sea el número a 0, la fluidez del trazo será más fiel a la velocidad con que se mueve la mano naturalmente; sin embargo, la calidad en la línea se puede perder en trazos que requieran precisión, o sean complejos por lo que números más altos o intermedios son más recomendables para estos casos.

³⁸ Como referencia la palabra sketch viene del inglés y en ámbito del dibujo se refiere a “*al esbozo o bosquejo de una imagen. En este sentido, sirve para aludir bosquejos tanto de dibujos como de diseños, esculturas, etc.*” (Significados.com, 2018, s/pág.).

³⁹ Acerca de las capas, éstas “*Se podrían describir como acetatos, siendo cada acetato como una capa distinta. Cuando pintas en una capa, las líneas y el color se almacenan únicamente en esa capa.*” (ClipStudio, 2019, s/ pág.).

⁴⁰ Se encontró acerca de la saturación que “*Este concepto representa la viveza o palidez de un color y su intensidad*” (De los Santos, 2016, s/pág.).

En el dibujo digital, la situación de estar dibujando a la par de lo que se observa en la pantalla, y que además exista un retraso de la línea suele ser común, en este sentido el ir calibrando el estabilizador de acuerdo con el caso de lo trazado, es de gran ayuda para el control y la sensación de un dibujado más cercano a lo análogo. Acerca de esta experiencia, Fuentes-Martin (2015) considera una desventaja del dibujo digital anotando:

El retraso en el gesto, el término genérico que se designa como “lag” y se produce cuando notamos un cierto retraso entre el gesto de la mano y el trazo en la pantalla, puede ser molesto cuando la interacción interfiere en la simultaneidad de lo que hacemos y lo que vemos en pantalla. (pág. 5).

En la Figura se aprecia una parte de la barra de pinceles básicos que ofrece Paint Tool Sai en su menú, así como en la Figura el sketch en digital de la Pintura I.

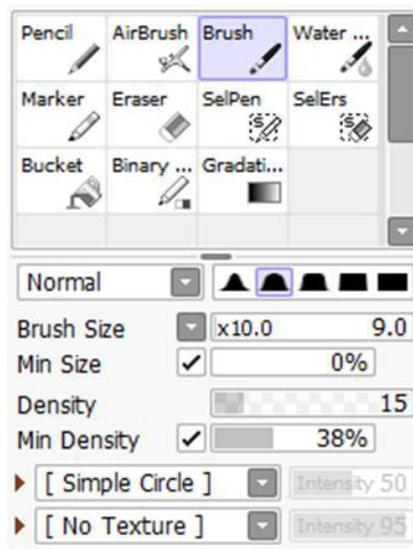


Figura 13. El menú de pinceles permite la configuración de amplios aspectos de este, como dureza, presión, saturación, tamaño y textura. Además, la creación de nuevos pinceles.

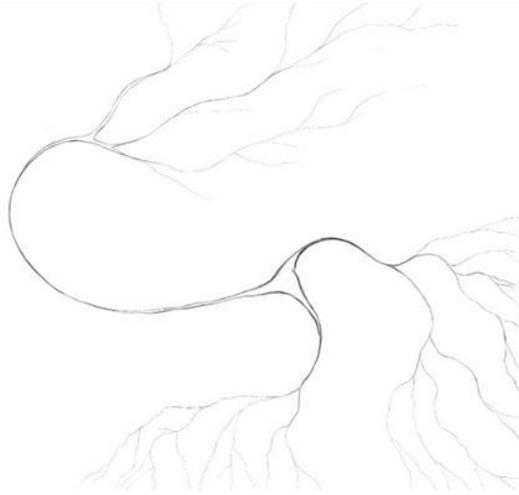


Figura 14. La calidad del pincel simple simula de manera bastante fiel la presión el trazo en el boceto de la neurona hecho a lápiz.

Por supuesto que al ser electrónicas estas herramientas, hay aspectos a considerar que hacen la experiencia del dibujo digital, diferente al tipo tradicional, como en el ejemplo anterior, se debe reconocer las limitaciones del equipo disponible como señala Fuentes (2015, pág. 5): “Se depende de la herramienta en todo momento y de las posibilidades de la misma, a mejor herramienta mayores posibilidades.”, todo esto se toma en cuenta al planificar el aspecto visual pretendido para una obra, lo que implica conocer a fondo los instrumentos para sacar mayor provecho y lograr los mejores resultados.

Para la experiencia particular en esta pintura, un requerimiento indispensable, fue una excelente calidad de trazo, como un factor atractivo para el receptor, sin embargo, surgió la complicación de que ciertas partes de la neurona estaban demasiado juntas, para que el trazo se diferenciara de manera conveniente, por lo que los trazos a mano alzada no eran adecuados. Por otra parte, el software utilizado ofrece otro tipo de capa especial para un delineado con vectores⁴¹ (Linework), con una herramienta para decidir la presión (Pressure) sobre dicho vector, trabajando sus nodos⁴² para hacer el vector más delgado o grueso.

⁴¹ Acerca de los vectores en el ámbito de la ilustración *“Las ilustraciones vectoriales se generan a partir de vectores descritos por coordenadas dentro de un plano”* (medvisuales, 2016, s/pág.).

⁴² Desde el punto de vista del trazado vectorial un nodo es un punto que marca el inicio o el fin de una línea y que además posee coordenadas dentro de un plano cartesiano en X, Y. (medvisuales, 2016, s/pág.).

Para la limpieza del delineado, el proceso fue complejo porque se tuvo que anticipar el que la pintura sería posteriormente montada en partes en otro programa, por lo que se hizo un análisis previo de las partes a dividir en cada Linework, de acuerdo a las necesidades o características de sus posteriores tratamientos, como la aplicación del color o la edición, por lo que se dispuso que la célula sería dividida en tres diferentes capas de Linework, de acuerdo con las partes de la neurona: soma (cuerpo), dendritas y axón. En las capas de Linework, el menú de pinceles cambia y obtenemos herramientas especiales para este tipo de capas, en este caso la herramienta seleccionada para delinear fue Curve (o curva) que permite mayor fluidez para las imágenes, con variedad de cambios de dirección en la línea; posteriormente se bajó la opacidad a la capa de trazado actual, para observar la capa inferior y vectorizar la imagen.

Siguiendo, se hicieron líneas aún más fieles a la imagen del boceto, utilizando la tecla de Ctrl para seleccionar nodos uno a uno y modificar su posición; cuando se terminó la vectorización de todas las partes por capas, se comenzó el ajuste del grosor de acuerdo con las variaciones de la línea original, de cada uno de los vectores por medio de los nodos utilizando la herramienta Pressure, que permitió adecuar el ancho de la línea por medio de porcentaje, tomando como referencia el 100% actual y disminuirse hasta el 0%, o aumentarse 5 veces el grueso original, simulando la presión de la mano alzada.

En las siguientes imágenes se puede observar una comparación cercana de las líneas hechas a mano alzada para el boceto original en digital (Figura 15), luego el delineado sin aplicación de presión de ningún tipo (Figura), y por último la modificación a un acabado más fino de presión por medio de la herramienta antes mencionada (**¡Error! No**



se encuentra el origen de la referencia.).

Figura 15. Primer delineado digital sobre boceto a mano alzada.



Figura 16. Dendritas de la neurona, vectores sin ningún tipo de modificación en su grosor.

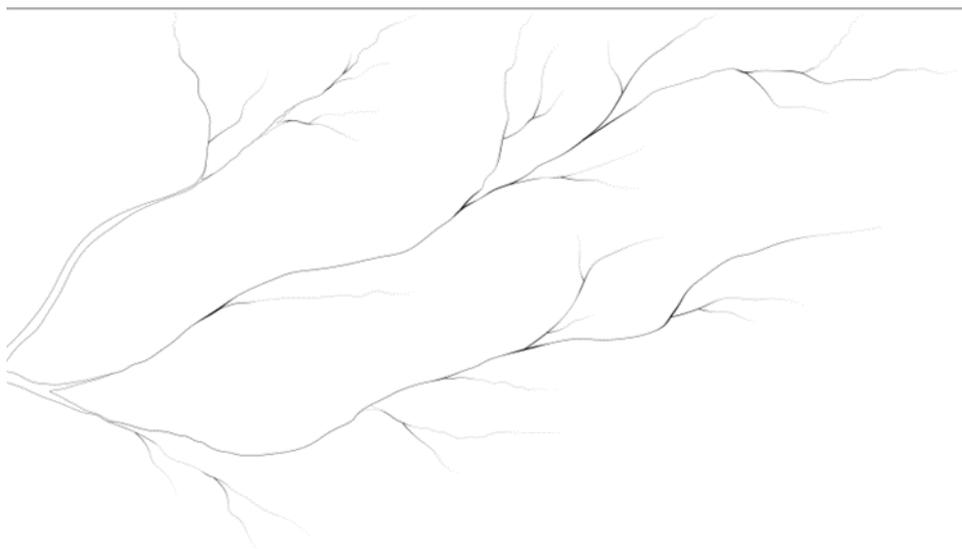


Figura 17. Terminal del Axón de la neurona con aplicación de la herramienta de presión sobre los nodos de los vectores.

Cuando se concretó la fase del dibujado temático se procedió a la fase de aplicación del color, importante en el acomodo de las capas (las cuales se generaron por debajo de las de trazado de línea), y su grado de opacidad y transparencia⁴³ para lograr una apariencia acuosa en la célula, que además permitiera ver el paso de las transmisiones de señales que pasan a través de ella.

Al iniciar la coloración de la pintura, se pensó en una forma en que los elementos dentro de la neurona pudieran observarse, con la sensación de que estos en verdad estuvieran encapsulados dentro del cuerpo de esta.

Para ello, se generó una base de color donde se disminuyó la opacidad al tercio (33%) de su porcentaje inicial (100%), y posteriormente esta capa se duplicó, de esta forma al sumarse las opacidades de ambas capas colocadas en la misma posición, el color original de la base se mantenía en más de la mitad, permitiendo que al colocar capas intermedias se pudiera observar con claridad el contenido de estas capas intermedias, como se verá más adelante.

Ahora bien, para el pintado de la base se utilizó el pincel de acuarela con una densidad (saturación) al 77% y utilizando el estabilizador en el número 2, pues con este número el flujo del pincel permite un acabado uniforme en la base, además se usó una dureza mínima para tener mejor difuminado, como menciona el MEDIAACTIVE (2008, s/pág.): *“La dureza sirve para definir lo concreto o definido que será el trazo del pincel, con menor dureza más difuminado será el trazo, sobre todo en los bordes.”*, en consecuencia, el pincel varió en su tamaño de acuerdo con la estreches de las zonas a pintar; aun así, fue necesario el uso de la herramienta borrador para perfilar mejor las zonas del pintado.

En la Figura 18 se observa el perfilado de la primera capa de color, en este caso la herramienta borrador se usó antes del duplicado de la capa base.

⁴³ Relativo a estos términos dentro del arte digital encontramos que *“la transparencia es una función que admite áreas transparentes en una imagen o capa de imagen. Determinados formatos de imagen no admiten transparencia. Por opacidad se entiende el grado de bloqueo de la luz. Puede cambiar la opacidad de las capas, los filtros y los efectos de modo que se muestre más (o menos) de la imagen subyacente.”* (Adobe, 2017, s/pág.).

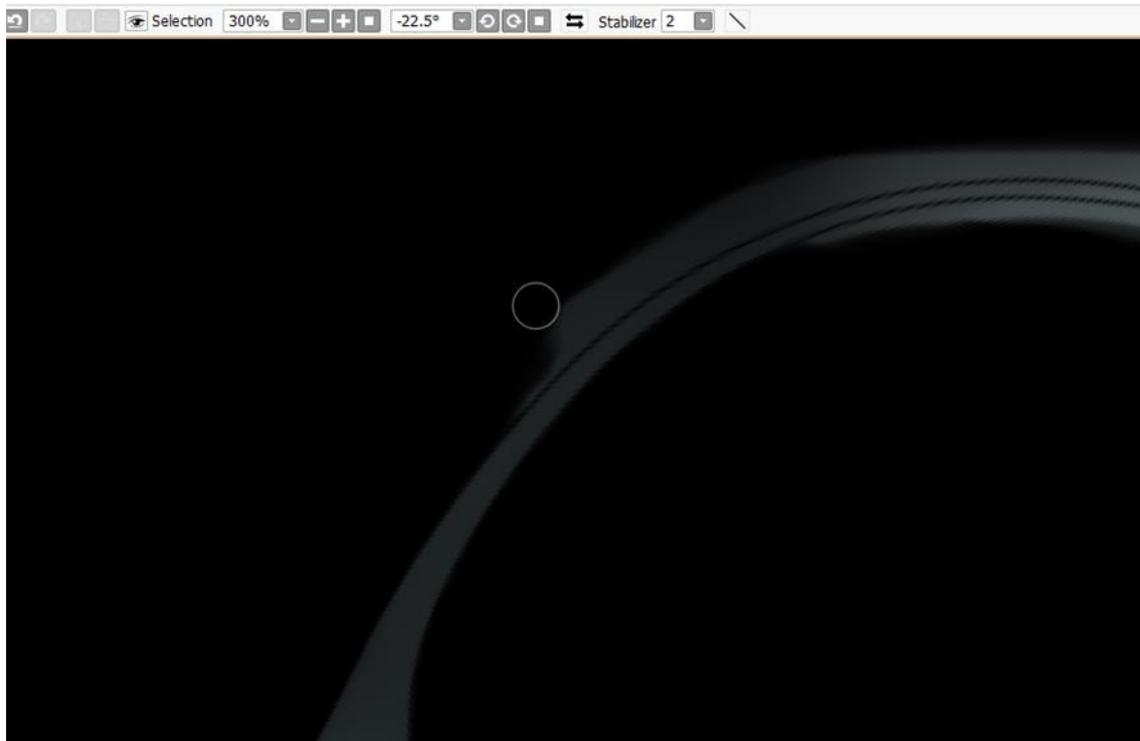


Figura 18. El borrador con una dureza al 100% permitió un perfilado limpio de las zonas estrechas de la neurona.

Como se puede ver en la Figura 18, en esta fase de la pintura, el fondo se cambió por uno negro, debido a que al pensarse como un sistema neuronal dentro de un ser vivo, y no como un cultivo de neuronas externo, la luz externa no incide dentro del cuerpo vivo, por lo que el fondo se vuelve oscuro; no obstante, esta luz emitida por las señales de la misma acción sináptica, que a pesar de no haber un color definido para el fondo, se le realizó un tratamiento al fondo en una etapa posterior.

Este cambio de fondo afectaría el coloreado de la pintura, razón por la cual el fondo se cambió desde una etapa temprana de la aplicación del color, para tener siempre presente como lucirían los colores al cambio radical del blanco al negro, con las posibles afectaciones en cada selección de color dentro de las siguientes fases de pintado, sobre todo tomando en cuenta las opacidades que se requerirían en cada color.

Debido al cambio mencionado, los colores para la creación de las sombras, las cuales, en este caso particular, son con el propósito de dar volumen a la figura y textura a la membrana celular⁴⁴, fueron complicados al momento de su elección, debido a la opacidad de las capas base y el color negro del fondo, donde la mayoría de los colores eran absorbidos por el fondo.

Finalmente se utilizó una paleta de color⁴⁵ de azules con baja saturación, bastante diluidos en términos de Hue⁴⁶, y grises claros sobre una nueva capa normal creada por encima de las capas de base. En esta ocasión el estabilizador de Paint Tool Sai se modificó varias veces dentro de los números 0 (trazo fluido) y 5 (control de trazo), y la opacidad de la capa se mantuvo en 89% para dar una sensación más suave de volumen.

Para la aplicación de sombras se utilizaron dos pinceles: el pincel de acuarela por su capacidad de un difuminado muy parecido al análogo, y el aerógrafo que mezcla bien los colores con otros pinceles; el propósito principal del sombreado fue otorgar al cuerpo (soma) de la neurona la apariencia de una esfera, por lo cual se tomó como referencia las sombras de una esfera de vidrio, tomando en consideración la transparencia en el cuerpo de la célula.

Como se puede observar en la Figura 19 la parte central del cuerpo celular hace énfasis en dar cierta forma circular con el sombreado para crear una sensación de volumen, la cual posteriormente se complementará con las luces.

⁴⁴ Relacionado a la anatomía celular: “[...] La membrana plasmática de la célula. Ésta es una estructura vital. La rotura de la membrana plasmática durante más de unos pocos segundos lleva irremisiblemente a la muerte celular. Es una barrera física que separa el medio celular interno del externo.” (Megías, Molist, & Pombal, Atlas de Histología Animal y Vegetal, 2017, s/pág.).

⁴⁵ Dentro de la teoría del color encontramos que una paleta de color es “Una guía de colores armónica y bellamente dispuesta que puede aplicarse a un proyecto determinado para subrayar su calidad visual y destacar valores simbólicos o atributos emocionales. Suele representarse como un rectángulo dividido en varias franjas de color unidas.” (Barbé, 2018, pág. 10).

⁴⁶ Dentro de la teoría del color podemos mencionar el modelo de color HSL en el cual: “HUE. Se traduce como “tono”, “tonalidad”, “matiz”. Representa los colores primarios (rojo, verde, azul) con todos los matices intermedios que podemos percibir cuando los situamos en el círculo cromático” (Almonacid, 2012, pág. 2).

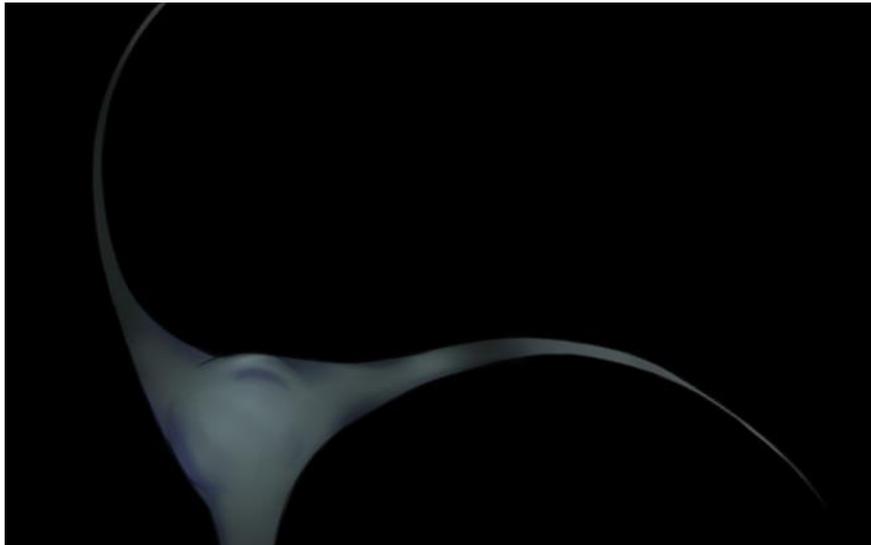


Figura 19. Para poder observar mejor los límites de la célula, durante el tiempo que duró el pintado de sombras se regresó a su opacidad normal la capa de base por lo que se puede ver con mayor intensidad que en su apariencia original.

Cuando se concluyó el pintado de las sombras en el soma, en algunas regiones de las dendritas, y el axón en menor medida, se creó una nueva capa por encima de la capa de sombras a la que se llamó luces (luces1), en la cual como su nombre lo indica, se aplicó la luz con el propósito meramente, al igual que con las sombras, de crear un volumen en la figura. Para tal objeto, además, se agregó después una nueva capa de luces (luces2), pero esta vez, debajo de la primera capa de base para poder crear un efecto de profundidad.

La paleta de color para las luces, gira en torno a los tonos cian hasta llegar al blanco por medio de desaturados igualmente que con las sombras.

En las siguientes imágenes se observa el acomodo de las capas de luz y sombra (Figura 20); mientras que, en la neurona, ambas capas de luces y de sombras visibles crean una calidad volumétrica (Figura 21).

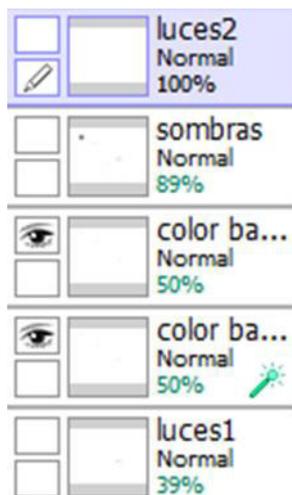


Figura 20. Sección de capas de color que muestra además las opacidades de capa usadas en cada una.

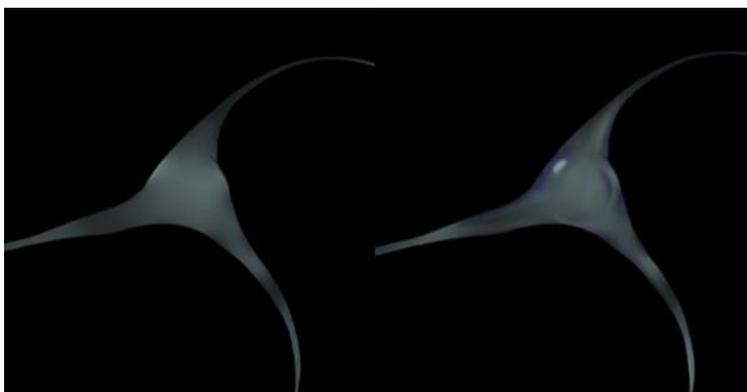


Figura 21. Comparación de la base del soma luego de la aplicación de luces y sombras.

Así mismo, debido a que los tamaños de algunas piezas integradas dentro de la pintura eran muy pequeñas, para que sus detalles fueran completamente tratados en su ejecución, y apreciados una vez que la obra esté siendo exhibida, estos detalles se realizaron por separado en otros documentos del software para después ser escalados sin que ello supusiera la pérdida en la calidad del detalle. Esta pieza referida es el núcleo⁴⁷ de la neurona, la cual a su vez posee otra pieza al interior (nucléolo), ambas partes se trabajaron en diferentes documentos y posteriormente fueron integradas a la pieza principal por medio del software de Photoshop, en donde se realizaron otros detalles de los que se hablará más adelante.

⁴⁷ Para más referencias sobre el núcleo y el nucléolo consultar el Anexo de definiciones sobre el Sistema nervioso al final de este documento.

El núcleo al igual que la neurona, posee una apariencia con transparencia que permite observar su nucléolo (con una apariencia más sólida), por lo que aquí también el manejo adecuado de las transparencias en los colores jugó un papel importante; puesto que los colores del núcleo y nucléolo cambian en cada representación consultada, y en ciertos casos no llegan a ser visibles por su tamaño, por lo tanto, decidió una paleta monocromática con tonos verde, que fueran en consonancia con los colores previamente utilizados en base de la célula, como se observa en la Figura 22.

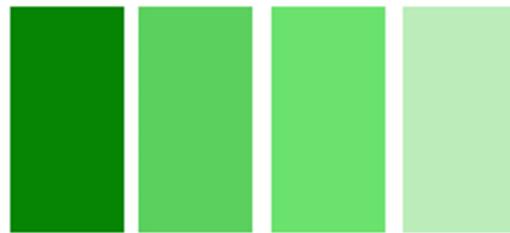


Figura 22. Paleta de color utilizada en el núcleo de la neurona.

Finalmente, concluidas las piezas a intervenir en Paint Tool Sai, se continuaron con la tercera fase de la línea de trabajo: el montaje, pero esta vez trasladando la ejecución de la pieza al programa de edición de imagen Photoshop. Del programa de dibujo de Paint Tool Sai, se tiene que permite convertir sus archivos a formatos⁴⁸ para su apertura en el programa de Photoshop en archivos .psd⁴⁹, con la ventaja, de que todas las propiedades del archivo se mantienen intactas, tales como los grupos (o carpetas), las capas en respectivo orden respetando sus modos de fusión, sus opacidades y colores. Usando esta ventaja del primer software utilizado, se hizo una copia de los archivos creados y se cambiaron a la terminación de formato .psd y que según la empresa Adobe (2017, s/ pág.) resalta:

⁴⁸ “Los formatos de archivos gráficos se diferencian en la manera de representar la información gráfica (como píxeles o vectores)”. (Adobe, 2017, s/ pág.).

⁴⁹ El formato Photoshop (PSD) “es el formato de archivo por defecto y el único formato, junto con Formato de documento grande (PSB), que admite todas las características de Photoshop.” (Adobe, 2017, s/pág.).

Guarda una versión compuesta de una imagen con capas en el archivo de modo que pueda ser leído por otras aplicaciones, incluidas las versiones anteriores de Photoshop. También mantiene la apariencia del documento, en caso de que las futuras versiones de Photoshop cambien el comportamiento de algunas características”.

Con el archivo principal de la neurona activo en el programa de Photoshop, se configuraron las medidas finales para la pieza, ya que anteriormente se dejaron las que venían por defecto en la fotografía del boceto tradicional, para evitar la pérdida de información en la fotografía al escalar la imagen. En respuesta a lo anterior se hizo por el cambio de tamaño de lienzo digital, desde el menú de “imagen” con medidas finales de (200 cm. x 150 cm.) y a continuación se reajustaron las capas para quedar en los puntos estratégicos de la composición pensada originalmente, cabe mencionar que al ser vectores las capas de línea no perdieron su calidad.

Siguiendo con el traslado digital, se abrieron los archivos de las piezas realizadas por separado y se guardaron como imágenes en formato .png⁵⁰ para posteriormente colocarse en el archivo de la pintura principal en capas independientes, y ser reajustados con la herramienta de selección en la opción de transformación libre, al tamaño que se requería dentro del cuerpo neuronal, además, se generó una nueva carpeta para colocar las partes internas de la neurona y distinguirlas fácilmente de las capas de base, esta carpeta se colocó entre ambas capas de color base para simular objetos encapsulados.

Como siguiente acción, se cambió el color de la línea de los vectores originales del anterior programa (negro), por uno que realzara la figura de la célula del fondo (que sin tratamiento es negro), para lo cual se seleccionaron los vectores de las capas de delineado y luego en el menú “imagen”, dentro el submenú “ajuste”, se buscó la opción invertir para cambiar el trazado al color blanco, luego de lo cual se ajustó nuevamente la opacidad de cada capa, para que el trazado coincidiera en la opacidad con el color de base, al mismo tiempo que con luces y sombras.

⁵⁰ Con relación a la elección de este formato: “El formato PNG admite imágenes RGB, de color indexado, en escala de grises y de modo de mapa de bits sin canales alfa. PNG conserva la transparencia en imágenes en escala de grises y RGB.” (Adobe, 2017, s/ pág.).

A su vez, el color blanco proporcionó volumen a las zonas más estrechas de la célula lo cual acentuó de mejor manera el trazado negro, las sombras y luces puestas con anterioridad en Paint Too Sai, como se puede observar en la Figura 23.



Figura 23. Trazado blanco generado a partir de la inversión del trazado original en negro.

Las neuronas tienen unas pequeñas estructuras llamadas espinas dendríticas⁵¹, éstas son tan diminutas que, al dibujarlas a mano alzada en Photoshop, fue el procedimiento más largo dentro de toda la ejecución de la Pintura I, debido a la enorme cantidad que existen en una sola prolongación. Estos detalles se pintaron directamente en Photoshop, ya que a diferencia del delineado principal, en éstos el control de la presión y la precisión de la línea son más libres y fluidas, por lo que el estabilizador de Paint Tool Sai no fue necesario para el control de la línea. Las especificaciones para la configuración de la herramienta “pincel” fueron las siguientes: Una dureza de 0 para los bordes del pincel por defecto, con tamaño de un 1 pixel, y una opacidad al 20% con trazado de línea en blanco. De los programas, Photoshop a diferencia de Paint Tool Sai, no ofrece en su menú principal una opción fija para la rotación del lienzo, por lo que se hizo uso constante de la herramienta “Rotar”, en el menú de herramientas lateral, o con el atajo de la herramienta mano o más rápido, desde teclado presionando “R”, con esto el acomodar el lienzo en la dirección predominante de las extensiones de la neurona, agregando el constante uso de la

⁵¹ Consultar Anexo: Sistema Nervioso y Sinapsis.

herramienta “Lupa” para trabajar con detalles finos y necesarios, sobre capas que correspondieron al delineado de la célula y sus partes. En la Figura 24, se puede ver una parte del proceso descrito.



Figura 24. Acercamiento a una dendrita y una parte del trazado de sus espinas, por el lado izquierdo, se observa una simulación del pincel usado.

Con los detalles de las espinas aplicados, se duplicaron las capas de trazado con excepción de la capa que contenía el soma, de esta forma la espinas se tornaron más visibles puesto que al ser tan pequeñas no eran perceptibles; luego de lo cual se agregó un efecto de brillo de contorno a la capa de trazado-copia, de cada una de las partes duplicadas para simular la actividad neuronal constante que da un efecto de iluminación las células neuronales.

El efecto de brillo se agregó desde el menú de “capa”, accediendo después al submenú “estilo de capa” y seleccionando la opción “resplandor exterior”, de la cual se despliega un panel en el cual podemos configurar el resplandor con opciones como el color, la extensión del resplandor, modo de fusión, opacidad y algunas configuraciones más avanzadas. En este caso el objetivo, fue crear una especie de halo emanado de manera tenue de las extremidades del cuerpo neuronal, por lo que se configuró el brillo de la

siguiente manera, un color azul grisáceo claro, con un tamaño al máximo permitido (250) pero una extensión mínima (2), esto debido a que el tamaño determina el grosor de contorno del brillo, en formas tan pequeñas como las espinas, no serían visibles con un tamaño menor, y la extensión controla hasta donde se difumina dicho grosor, que al ser tan pequeño se logra mantener al margen para no extenderse hasta otras formas cercanas. En cuanto a las demás configuraciones, el modo de fusión⁵² utilizado fue Trama, que viene por defecto al desplegar el panel, y una opacidad de 7% para evitar quitar la atención principal del delineado.

Enseguida se cambió el orden de las capas, moviendo las copias de trazo debajo de las originales y una vez hecho esto, se agregó un nuevo resplandor exterior, pero ahora a los trazos originales con un color azul primario, y con la extensión y tamaño en 0, opacidad al 41%, para dar un doble acabado tonal a la línea, permaneciendo el trazo en blanco, con una percepción azul en los bordes, como se puede ver en la siguiente comparación luego de estos procedimientos (Figura 25).



Figura 25. Los cambios hechos por el estilo de capa permiten ver con más claridad las espinas de la neurona.

⁵² Dentro de la edición de imágenes encontramos que un modo de fusión “Controla la influencia de una herramienta de pintura o de edición sobre los píxeles de la imagen. Al visualizar los efectos de un modo de fusión, resulta útil considerar los colores siguientes: El color base es el color original de la imagen; el color de fusión es el color aplicado a la herramienta de pintura o de edición; el color resultante es el color obtenido de la fusión. (Adobe, 2018, s/pág.).

En este punto del proceso para la Pintura I, se tiene la creación de una carpeta intermedia llamada “Parte Interna”; para que entre ambas bases de color de la neurona a donde fueron arrastradas las imágenes en formato .png, con el núcleo y el nucléolo, se procedió a un reajuste en su tamaño para incorporarse al cuerpo celular, con la capa del núcleo puesta por encima de la capa del nucléolo. Dentro de esta misma carpeta que contiene las partes internas de la neurona se crearon dos nuevas capas, denominadas “Información”, las cuales simularían el paso de los neurotransmisores⁵³ a través de la célula nerviosa.

Para la representación, se usó el pincel “46” del menú de pinceles de Photoshop, sin opacidad y modificando su tamaño en función de la zona a pintar para la información se usó la gama del color morado en una capa, y verde en otra, atendiendo a los colores complementarios⁵⁴ del círculo cromático, así como el constante uso de la herramienta “borrar” para perfilar las zonas angostas de la neurona.

A continuación, podemos apreciar el centro del soma con el núcleo en la Figura 26, a su lado el cuerpo celular y la aplicación de neurotransmisores en la Figura 27.

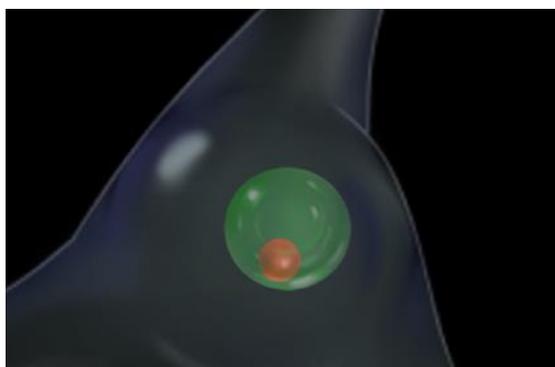


Figura 26. Montaje del núcleo en la neurona, se aprecia, además, la opacidad final para las capas base.

⁵³ Para más información consultar el Anexo: Sistema nervioso y Sinapsis al final de este documento.

⁵⁴ Dentro de la teoría del color podemos encontrar que existen diversos agrupamientos de colores que componen paletas de color y que son ampliamente usados dentro del arte y el diseño, dentro de estos los opuestos o complementarios son: “Los que se encuentran enfrentados en el círculo cromático. El opuesto a un primario siempre será el color secundario, logrado con los dos primarios restantes. Ejemplo: opuesto a un azul será el naranja logrado a partir de amarillo y el rojo.” (Almaraz, 2011, s/pág.).

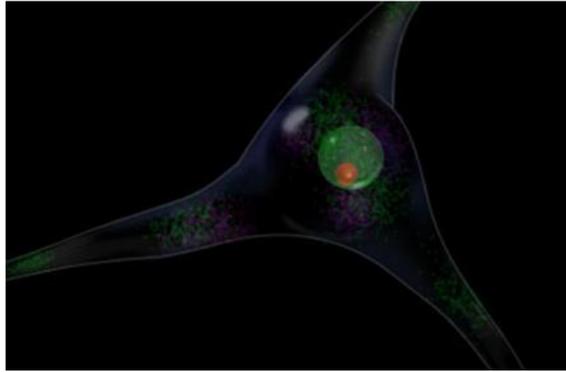


Figura 27. Simulación de neurotransmisores por el cuerpo celular.

Paralelamente, de los neurotransmisores dentro de vesículas y otros orgánulos⁵⁵, ubicados dentro del cuerpo neuronal, se tiene viajando a través de su membrana a los potenciales de acción, los cuales ayudarán en la emisión de neurotransmisores a otras neuronas, generando en ellas nuevos potenciales de acción como resultado. Estos potenciales de acción, en realidad no tienen una apariencia física, puesto que se trata de electricidad, por lo cual, en su representación se ha optado por la simulación de pequeños puntos de “luz” a lo largo de la neurona, agregándoles un resplandor como se trabajó anteriormente con las extremidades de la neurona. Primero se crearon los puntos de diferentes tamaños a lo largo de la neurona por medio de la herramienta forma (usando el círculo), la cual se configuró en la barra de menú de “Forma” que aparece en la parte superior cuando se usa la herramienta en cuestión y ahí se seleccionó la opción de tamaño fijo que se puede ajustar en píxeles o pulgadas, (se usaron pulgadas que vienen por defecto), debido a que habría varios grupos de puntos de distintos tamaños cada uno los valores fijos de los tamaños cambiaron varias veces oscilando entre los 0.1 y 0.3 pulgadas.

Cuando se crea una forma, ésta genera una nueva capa para ella, por lo que cada vez que se terminaba de poner cierto número de puntos de un mismo tamaño, estas capas de forma se rasterizaban⁵⁶, para posteriormente unirse en una sola capa que incluyera

⁵⁵ Consultar descripción en el Anexo: Sistema Nervioso y Sinapsis, donde se amplía información sobre estos términos al final de este documento.

⁵⁶ Relativo a los tipos de capas manejados por el programa Photoshop encontramos que: *“Para poder usar filtros o herramientas basadas en píxeles en Photoshop, debemos hacerlo también en capas del mismo tipo, es decir los filtros no funcionarán en capas de forma o texto, por ejemplo, así que antes debemos convertirlas en capas de imagen, a este proceso Photoshop le llama rasterizar”* (Berman, s.f., s/pág.).

todos los círculos de un mismo tamaño. Una vez que estaban todas las formas en una sola capa, en el siguiente paso se procedió a agregar su resplandor; nuevamente en el submenú de “estilo de capa” se seleccionó “resplandor exterior”, desplegando su menú de configuración en el cual se seleccionó el color rojo como “luz” para contrastar con el color tenue de cian en las capas de base, usando complementarios de nuevo; en cuanto a las extensiones y tamaños de los resplandores, éstos variaron de acuerdo al tamaño del grupo de círculos al que pertenecieran (tamaños entre 62-09, extensión entre 12-38), el modo de fusión fue Trama por defecto y la opacidad se mantuvo al 75%, valor establecido previamente.

Estando todas las capas de diversos tamaños y con el estilo de capa aplicado, se creó una nueva carpeta “PA” (Potencial de Acción), en la que se agruparon todas las capas de círculos y después, esta misma carpeta fue movida dentro de la carpeta “Parte Interna” para que los potenciales quedaran intermedios, a ambas capas base que simulan el cuerpo neuronal, dando un efecto de “luz contenida” y filtrada, a través de un vidrio opaco, como se ve en la Figura 28.

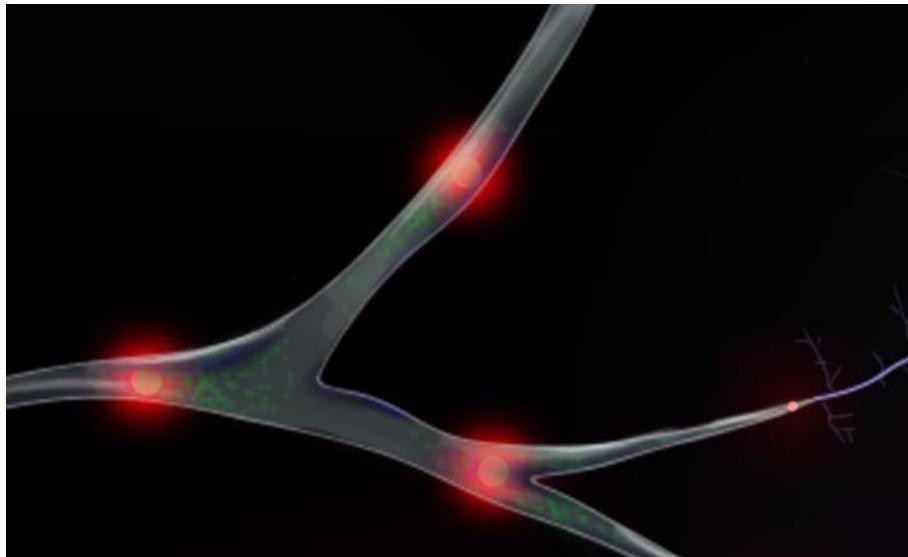


Figura 28. Simulación de potenciales de acción en el Axón de la neurona.

En observación del uso del estilo de capa “Resplandor exterior”, su uso en muchas capas al mismo tiempo, puede generar la ralentización del equipo usado; en el caso de la pintura en referencia, las formas generadas para la simulación de Potenciales han sido alrededor de 120, por lo que en el procesamiento del resplandor, el efecto no ha sido producido de inmediato, sino que la computadora ha tardado alrededor de 40 segundos, en el procesamiento completo de la acción, además se en un aumento considerable del peso del archivo.

Para culminar con obra digital, se han dado algunos detalles al fondo, emulando las luces de otros potenciales de acción lejanos y producidos por otras neuronas, para ello se usó nuevamente del pincel “46” de Photoshop, con un tamaño de 1399 pixeles con una opacidad máxima.

Los detalles se hicieron usando varios colores (magenta, cian, morado) por capas individuales, de lo cual después se agregó un desenfoque Gaussiano⁵⁷ a cada color, para lograr un difuminado de tonos, quitando el negro absoluto del fondo inicial. Posteriormente se unieron todas las capas en una “combinación de capas”, del menú desplegado en la sección de capas, al presionar el botón derecho del cursor, luego se ha reducido la opacidad de la capa resultante al 58%.

Finalmente se han agregado detalles en rojo con el mismo pincel, sin agregar esta vez el efecto de desenfoque, estos detalles se tienen en una capa por encima del resto de las demás y sus grupos, para después bajar su opacidad de capa hasta el 20%, disminuyendo la atención por sobre la pieza principal.

2.2.2 Pintura II: Uniones Neuronales.

Para el caso de esta pintura digital y del resto a partir de ésta, las escenas se representan las terminales de entrada y salida de información entre dos neuronas, puesto que es la parte, en donde la célula nerviosa lleva a cabo la sinapsis química; por ello, los

⁵⁷ En Photoshop los desenfoques son filtros para suavizar una imagen o una zona de ésta, el filtro Gaussiano “desenfoca con rapidez una selección en una cantidad ajustable. El término gaussiano hace referencia a la curva en forma de campana [...]. El filtro Desenfoque gaussiano añade detalles de baja frecuencia y puede producir un efecto nebuloso.” (Adobe, 2018, s/pág.).

elementos dentro de la composición se vuelven más específicos y relevantes, sobre un solo elemento central dentro de la etapa de bocetaje; en lo particular, se tomó para su distribución dentro de la pintura, a dos piezas principales: una espina dendrítica y una terminal axónica.

Continuando, la escena tiene su mayor peso en los dos tercios que parten desde la izquierda de la pintura, dentro de los cuales se contraponen ambas partes de las neuronas que transmitirán información, en el tercio central se colocó la terminal de axón porque es de aquí, donde surge primero el potencial de acción hacia la otra neurona, para su comunicación, por consiguiente, este elemento es el de mayor extensión dentro de la pintura, ocupando dos tercios de ella, mientras que en el otro sector tenemos la espina dendrítica, que ocupa el otro tercio restante; además, ambos elementos contienen sus respectivos orgánulos mencionados, y distribuidos de manera aleatoria dentro de ambos elementos.

A continuación, los bocetos finales para la realización de esta pieza (Figura 29 y 30).

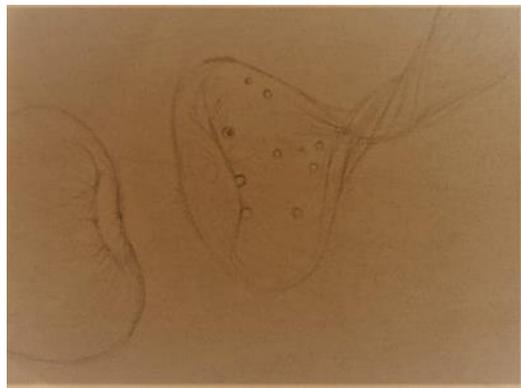


Figura 29. Boceto final tradicional (lápiz sobre papel marquilla)



Figura 30. Trazado en digital del boceto tradicional.

Una vez realizada la base del boceto en un lienzo digital, se agregó un fondo negro en una nueva capa inferior, siguiendo la lógica mencionada en la primera pieza, acerca del ambiente cerrado en el que se encuentran las células, anticipando además el cambio en los colores que no responden igual un lienzo oscuro o claro.

Siguiendo con el proceso de pintado, se colorearon ambas figuras, en procesos separados para evitar que un cambio en una pieza dañara el coloreado de la otra; eligiendo así una paleta de color en tonos fríos (azules, morados y verdes), con algunos puntos de color más cálido, originados por los orgánulos dentro de las partes de la neurona (Figura 31).



Figura 31. La paleta de color cambia ligeramente al poner transparencias sobre el fondo negro.

Del color, primero por capas separadas se creó una base para cada una de las piezas principales, utilizando la herramienta de selección (varita mágica); para evitar salir de los bordes en ambos elementos, se usó un pincel normal con densidad al 67%, y una dureza baja para un acabado suave en los bordes de las figuras, además se usó un estabilizador en 0 para tener un coloreado fluido.

Para la pieza de la terminal de axón se mezclaron tonalidades en verde, para la parte que contiene los orgánulos; con azules en el resto de la terminal con la finalidad de dar cierto volumen, para luego agregar las sombras principales; mientras que para la dendrita se usaron azul para la parte del fondo, y morado difuminado, con el pincel de acuarela/agua con un blending⁵⁸ al 14%, para evitar la mezcla en demasía con el azul del fondo.

Siguiendo, se crearon dos capas superiores, cambiando la textura lisa del lienzo digital, por una textura para pincel de acuarela, esto en la opción de textura del menú de pinceles, con una intensidad al 35%; después se configuró el pincel de agua al 50% de densidad, y baja dureza; en el caso de la dendrita, esta capa se hizo en cian para integrar con los colores azules del fondo, mientras que, en la terminal de axón, se hizo uso de morados a modo de complementarios.

En las siguientes Figuras 32 y 33, se observa el cambio de textura, así como la configuración de blending usado en el pincel para lograr la apariencia deseada.

⁵⁸ Esta herramienta de configuración de pincel “permite combinar colores. Para hacerlo, solo tienes que subir el porcentaje. Aquí también encontrarás “Dilution” y “Persistence”. La primera es como agregar agua a la acuarela y la segunda combina el color que has elegido con el que entra en contacto.” (Mujica, 2020, s/pág.).

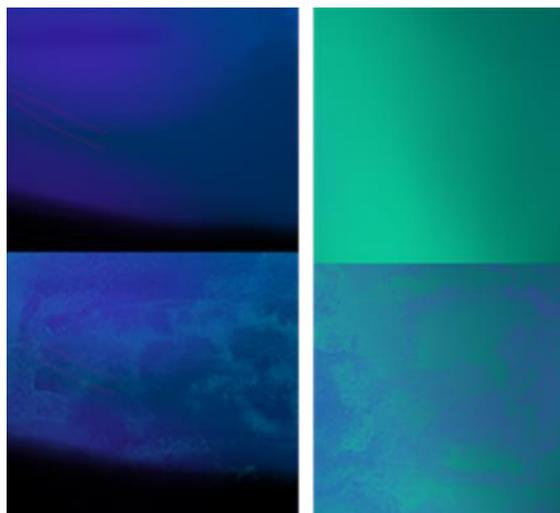


Figura 32. Detalle cambio de texturas en la superficie de la membrana de las extremidades neuronales. Dendrita (izquierda) y Terminal de Axón (derecha).

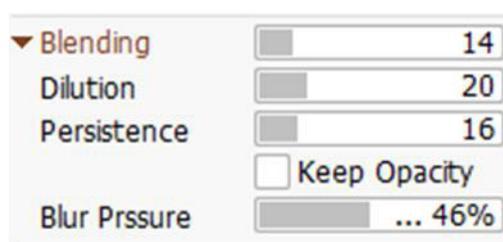


Figura 33. En este caso solo se modificó el porcentaje de Blending, mientras que el resto de las opciones permanecieron con su porcentaje original.

Concluido lo anterior; sobre nuevas capas ubicadas encima de las de pintado base (debajo de textura), se crearon detalles sobre las membranas -que aportan mayor volumen-, desactivando la selección de contorno, y sobre las extremidades neuronales, -trabajado ya en el coloreado general-, para pintar por fuera de los bordes originales; en estos detalles se usó el cian para la espina dendrítica, dejando la paleta de color en morados y azules, mientras que, para reforzar el contraste de la paleta de la terminal axónica, y hacerla más llamativa para el receptor, se utilizó el color verde debajo del tono morado de la capa de texturas, a modo de complementarios.

Lo mencionado se sostiene en la siguiente argumentación de Itten (1992): *“para un color dado, nuestro ojo exige su color complementario y, si no se le da, lo produce por sí mismo. [...], la ley de los complementarios constituye la regla de base de toda*

creación artística ya que el respeto a esta ley crea un equilibrio perfecto para el ojo” (pág. 49).

Prosiguiendo en los detalles, se usó el pincel normal con una densidad al 100%, para destacarlos de las bases de color de fondo, y lograr una integración armónica; se usó entonces, el pincel de acuarela/agua para difuminar el trazó de las orillas, y hacerlos suaves a la vista, finalmente con el borrador en una densidad y dureza mínimos, se perfilaron los bordes del trazado.

Posteriormente se reactivaron las selecciones de cada una de las piezas por separado, así como también la capa de las líneas de sketch a modo de guía, y a continuación se generaron dos nuevas capas, para agregar sombras generales de cada pieza; en este proceso se prestó atención a la sensación de profundidad de las partes cóncavas de ambas partes de las neuronas, usando primero trazos duros con el pincel normal y suavizando el trazo con el pincel de agua, a modo de esfumino⁵⁹ digital. Esta técnica se repitió durante toda la obra, para lograr un acabado integrado entre cada capa del pintado, además de aportar un acabado más orgánico con el propósito de emular una técnica usada en el dibujo tradicional, en el sombreado de una pieza. A continuación, se puede observar un detalle de la pintura en donde se aplicó dicho difuminado.

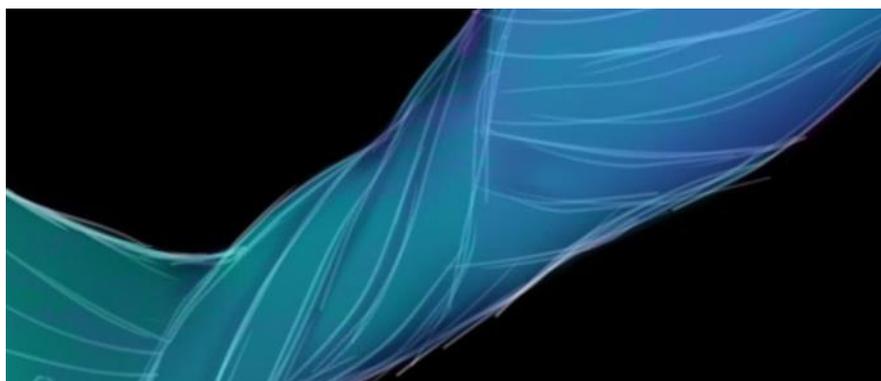


Figura 34. El difuminado en esta parte de la pieza se puede notar en la suavidad del color y trazado de la parte baja de la esquina derecha en contraste con las partes más marcadas de la parte superior que muestran un color azul más intenso

⁵⁹ Dentro del dibujo tradicional se describe al esfumino como: “s. m. ARTE Rollito de papel estoposo o de piel suave y de punta roma que sirve para rebajar los tonos de un dibujo o una pintura.” (Gran Diccionario de la Lengua Española., 2016, s/pág.).

Con las capas de sombras generales terminadas, se hicieron dos nuevas capas (una para cada neurona), para realizar un sombreado más detallado en las partes cóncavas de ambas piezas, además de lograr mayores volúmenes y profundidades en el entretejido nervioso del axón; estas sombras se realizaron usando las herramientas de plumón con una baja densidad, con dureza al 100% usando azules con bajo brillo⁶⁰, usando un tamaño de plumón pequeño, y un número de estabilizador en numeración 4, para tener mayor precisión en los trazos requeridos. Como toque final de sombreado, se agregaron un par de líneas con la herramienta de lápiz siguiendo las líneas de sketch originales, usando el mismo tono de azul con la densidad al 100%, y un tamaño grande de lápiz, manteniendo el estabilizador en el número mencionado.

Para finalizar con el pintado general en Paint Tool Sai, se crearon las luces para acentuar los volúmenes de la pieza en esta fase, usando cian con baja saturación⁶¹, con una baja densidad para dar un acabado de luz opaca, por tratarse de un tejido y no cristal, en la herramienta pincel de acuarela, cambiando nuevamente el estabilizador a 0, para tener una apariencia de luminosidad más fluida.

Terminado el proceso de pintado generalizado de la pintura en Paint Tool Sai, se guardó la pintura con una extensión de formato .psd, para reabrirse en Photoshop en su posterior edición y montaje. Luego del pintado de la pieza principal se crearon nuevos documentos de Paint Tool Sai, para los orgánulos incluidos en esta sección de la célula, y para mayor detalle se hicieron por separado; las partes recreadas fueron: las mitocondrias⁶² y vesículas.

Para la realización de los orgánulos primero se buscaron modelos y diagramas de la estructura superficial de ellos, dentro de la neurona; hecho lo anterior, se coordinaron los colores con los de las piezas principales, de acuerdo a la paleta de color presentada antes, y continuando al trazado de las formas para su posterior pintado. Al tratarse de

⁶⁰ De acuerdo a la teoría del color, la propiedad de brillo: *“Es la cantidad de luz emitida o reflejado por un objeto. Y en un color sería su claridad u oscuridad. Un color al 100% de saturación tendrá su máxima pureza con un 100% de luminosidad, y con una luminosidad del 0% será negro absoluto”* (Selva, 2011, s/pág.).

⁶¹ También dentro de las características que posee un color tenemos que *“La saturación define la intensidad o grado de pureza de cada color. Sus valores se mueven desde su máximo, cualquier color puro, hasta su mínimo que correspondería a un tono de gris. Popularmente cuando decimos que un color es muy vivo o intenso significa que está muy saturado.”* (Selva, 2011, s/ pág.).

⁶² Para más información consultar el Anexo II: Sistema Nervioso y Sinapsis.

formas sencillas, formas circulares y capsulas como se puede apreciar en las Figuras 35, 36 y 37, donde la mayor dificultad fue crear sensaciones de volúmenes a base de luces y sombras, para proveer una apariencia más sólida; después de lo cual, las piezas se exportaron en extensión de formato .png; para ser montadas dentro de la pieza principal en el programa de edición.

Tanto las mitocondrias como las vesículas dentro de la célula nerviosa son iguales entre orgánulos semejantes, por lo que solo realizó un ejemplar en cada caso, para posteriormente replicarlas con la ayuda del software.

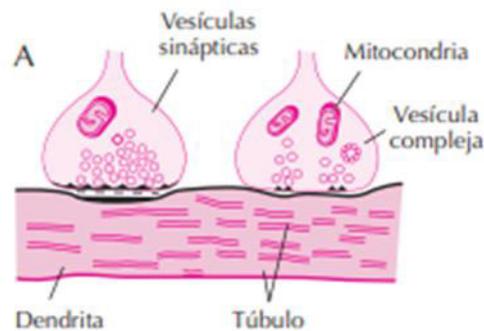


Figura 35. Esquema de sinapsis en dendritas y en las espinas dendríticas. (de Eccles, 1964).

Las formas ubicadas dentro de la dendrita corresponden a vesículas y mitocondrias.

Imagen consultada en la dirección URL:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/58706914/Fisiologia_humana_tresguerras_3_ED_2005.pdf



Figura 36. Mitocondria (Carlson, 2020). Imagen consultada en la dirección URL:

<https://biotechmagazineandnews.com/descubren-mitocondrias-extracelulares-como-componente-decisivo-de-la-sangre/>

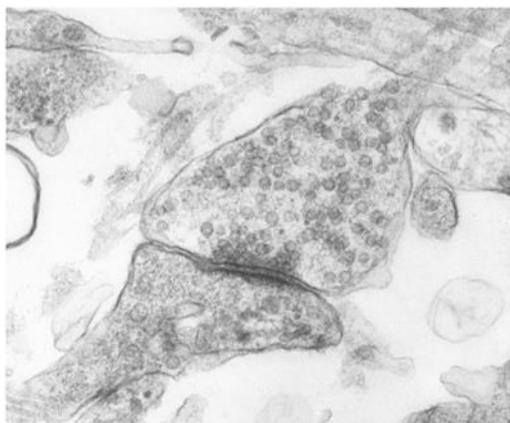


Figura 37. Micrografía electrónica de una sinapsis química. Los círculos aglomerados en la dendrita son vesículas con neurotransmisores.

Imagen consultada en la dirección URL:https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ISJS-6ZVN6X/1/disserta_o_de_mestrado_d_bora_l_c_oliveira.pdf

Finalmente, para el acomodo final de la obra, y de la unión de las piezas separadas, se abrió el archivo principal con extensión Photoshop, y los archivos de los orgánulos para ser trasladados al archivo de la pieza principal.

Para el traslado de las piezas se utilizó la herramienta de selección, en su forma predeterminada en Photoshop, seleccionando las piezas y usando la opción de Copiar en la combinación de teclas Ctrl + c, (acceso rápido), ya con una copia del archivo original, que se pegó (Ctrl + v) en el archivo de la pintura principal.

Posterior al traslado de los orgánulos, se realizó un ordenamiento de las capas en grupos, para agilizar el proceso de montaje y poder integrar “dentro de las neuronas” los orgánulos, de manera que quedaron dos grandes grupos D1 y D2 (dendrita 1 y 2) guardando cada uno las capas de color, sombras y luces de la dendrita correspondiente. Una vez con el acomodo de las capas de la pieza principal, se procedió a replicar los orgánulos y reajustar el tamaño de la copia principal, para integrarlo en la neurona, seleccionando cada orgánulo por separado, desde su capa de ubicación y con el botón derecho del ratón, se va al menú de “Selección” donde se escogió la opción “Transformación libre”, que nos permite ajustar el tamaño, posición y rotación del área seleccionada contenida en la capa; ya reducido el tamaño de las piezas se replicaron utilizando la combinación de teclas Ctrl + j, para una copia de la capa seleccionada, en este caso la vesícula y la mitocondria; con las copias necesarias se usó la herramienta

“Mover” en cada copia de capa, para cambiar las posiciones de las nuevas mitocondrias y vesículas, al mismo tiempo que en cada una se hicieron nuevas “Transformaciones libres” para cambiar tamaños y rotaciones de ser necesarias. Cabe mencionar que, en el caso de las vesículas, éstas solo se utilizaron para la terminal axónica, que en este caso es quien liberará los neurotransmisores hacia la dendrita, por lo que la dendrita no lleva vesículas.

Terminada la replicación de los orgánulos, siguió el recomodarlos entre los grupos de D1 y D2, para lograr la apariencia de encontrarse dentro de éstas, para ello se crearon 4 grupos (Mitocondrias D1 y D2 y Vesículas 1 y 2) para guardar los orgánulos, los cuales se colocaron estratégicamente por debajo de los grupos D1 y D2, y entre las capas de ellos, para simular la profundidad de contacto con la membrana de la neurona a través transparencias; por otra parte, en el caso de las vesículas se les agregó un resplandor exterior en color cian, con la finalidad de evitar su opacamiento por los colores de la membrana.

A continuación, en las Figuras 38 a 40, se puede observar parte del proceso, como ejemplo en las mitocondrias.

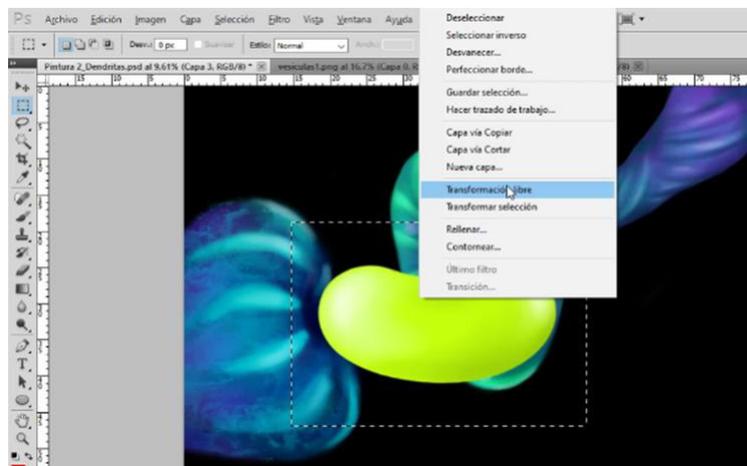


Figura 38. Se puede observar la pieza de la mitocondria en su tamaño original respecto de las otras piezas antes de la “Transformación libre” como se muestra en el menú de selección desplegado en la imagen.

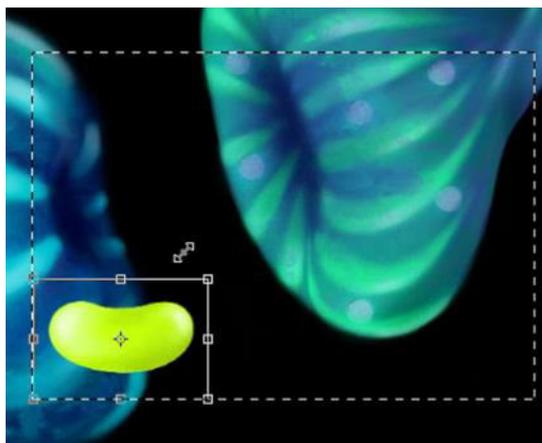


Figura 39. Detalle de la mitocondria al momento de ser reducida.

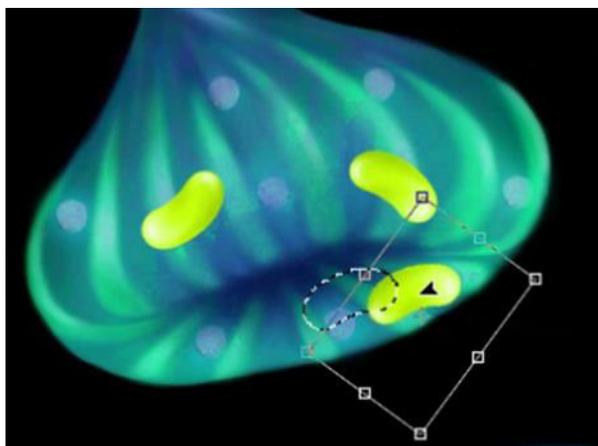


Figura 40. Replica y modificación de la posición y rotación de las mitocondrias.

Para dar una apariencia integrada mejor, entre los elementos agregados y las capas originales, para la pieza de la terminal axónica se duplicó dos veces más la capa del pintado base inicial, en software de Paint Tool Sai, luego se colocó una de ellas por encima de los grupos creados para los orgánulos, y otra por debajo; luego, a la capa colocada por encima se le bajó la opacidad hasta el 40%, para de esta forma imitar mejor las transparencias de la membrana celular, y que los orgánulos se vean “recubiertos” por ésta.

Por otro lado, a la copia colocada por debajo de los grupos, se le borró la parte proveniente del axón, dejando únicamente la base, utilizando la herramienta de borrador con una dureza al 11% (muy tenue), para evitar dejar marcas en los bordes, luego se

agregó un estilo de capa de resplandor exterior, en color cian con las especificaciones de extensión 0 y un tamaño máximo de 250.

Posteriormente se eliminó por completo el relleno⁶³ de la capa, con la finalidad de dejar únicamente el efecto de resplandor sobre el área de relleno; además se bajó la opacidad de la capa al 80% para disminuir la intensidad del resplandor exterior. Siguiendo, el estilo de capa de resplandor se agregó con el fin de representar en un halo de “luz”, el potencial de acción (una carga eléctrica), que se encuentra en ese momento en la membrana para que se produzca el traslado de neurotransmisores de una neurona a otra; apoyándose el argumento, en lo que afirma Pastor (2000):

Se necesita, por lo tanto, que estas diferencias de potencial puedan cambiar en el tiempo y en el espacio, de forma que puedan transmitirse a lo largo de toda la membrana neuronal. Estos cambios de potencial espaciotemporales se denominan potenciales de acción y son las verdaderas unidades de información del SN. (pág. 748).

Por último, en arreglos al fondo se representó a las luces de otros potenciales de acción, en el mismo momento para otras neuronas lejanas, así como en las estelas dejadas por otros potenciales en trayectos pasados; en el primer arreglo, se crearon capas sobre la de fondo negro, en la primera usando la herramienta pincel en un tamaño de 48 píxeles, en color cian, con dureza al 100%; luego se generaron trazos en diferentes direcciones a lo largo de toda la capa, y se le agregó un filtro suave de ruido, para entrecortar los trazos de pincel originales, después, se generó otra capa nueva y en ella se utilizó la herramienta forma, configurada para generar pequeños círculos o puntos de tamaño fijo, para hacer otro par de capas con círculos, pero con ligeras varianzas de tamaño entre cada capa.

Una vez en lo anterior, se seleccionaron todas las capas de círculos y se unieron en una sola con la opción “Combinar capas”, que aparece en el menú del botón derecho del ratón/mouse al seleccionar un grupo de capas; luego se agregó un resplandor exterior

⁶³ Acerca del relleno de capa se encontró *“Además de la opacidad global, que afecta a cualquiera de los estilos de capa y modos de fusión aplicados a la capa, también puede especificar la opacidad de relleno de las capas. La opacidad de relleno solo afecta a los píxeles, formas o texto de una capa, y no afecta a la opacidad de los efectos de la capa, como las sombras paralelas.”* (Adobe, 2020, s/ pág.).

en color morado como “Estilo de capa” para simular impulsos eléctricos, cercanos a la neurona donde sucede el intercambio principal; posteriormente, se seleccionaron las capas de los trazos de pincel y de los puntos, combinándose en una nueva capa a la que se le redujo el relleno de capa al 22%, para que los trazos y puntos no sobresalieran por encima de los elementos principales de la pintura.

Como segundo arreglo, sobre una nueva capa vacía, se hizo un efecto de cúmulos de potenciales en los millones de conexiones neuronales más lejanas, y difíciles de diferenciar con una forma específica, para ello se tomó la herramienta pincel, configurándose su forma, a una punteada como el número 46 -del menú de pinceles-, después se modificó su tamaño al máximo posible, y se dieron pinceladas discontinuas de manera aleatoria sobre toda la capa. Este mismo proceso se realizó dos veces con distinto color; finalizado ello, se integró un filtro de desenfoque Gaussiano, para difuminar la textura de puntos dejada por el pincel, agregando un resplandor interior para dar una sensación de cohesión mayor al difuminado principal, para dar una impresión de nubes o humo.

Por último, la capa se duplicó, esta replica se seleccionó y agrandó con “Transformación libre” para cambiar las formas creadas en la primera, colocando un nuevo resplandor interior para aumentar su intensidad del primer efecto, y luego se combinaron ambas capas en una sola.

2.2.3 Pintura III: Espacio Sináptico

En la tercera pieza de la serie de cuatro, se hace una representación artística del momento en que los neurotransmisores son expulsados de la terminal de axón de una neurona, y atraviesan el espacio existente hasta llegar a la siguiente neurona; para capturar dicho momento, se cambió la vista que normalmente tendría en un diagrama, los cuales suelen usar una vista dando prioridad a la observación los elementos que le conforman, las terminales de neurona que intervienen en el proceso sináptico, en lugar de la apreciación del fenómeno en sí mismo. En este sentido el bocetaje inicial se crea de tal manera que el espacio sináptico se viera aún más amplio, cambiando la vista de las terminales en un sentido diagonal para alargar el espacio entre ambas.

A continuación, se observa un diagrama del proceso sináptico en la Figura 41, y el boceto final en papel de la tercera pintura en la Figura 42.

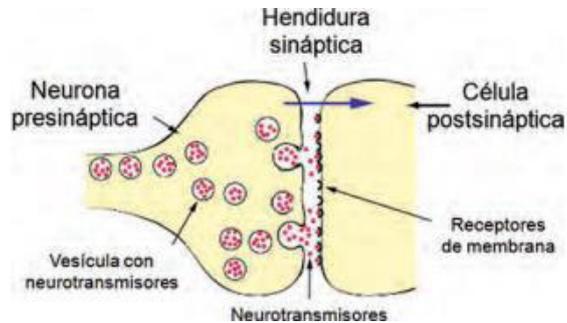


Figura 41 Papel de los neurotransmisores en la comunicación entre una neurona y la célula postsináptica. Imagen consultada en la dirección URL:<https://rac.es/ficheros/doc/01200.pdf>

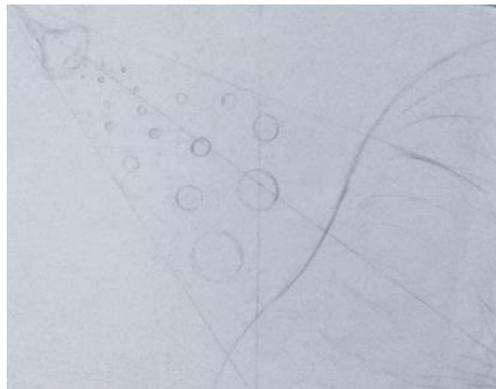


Figura 41. Papel de los neurotransmisores en la comunicación entre una neurona y la célula postsináptica. Imagen consultada en la dirección URL:<https://rac.es/ficheros/doc/01200.pdf>.

Decidida la composición general para la creación de la obra, se escaneo para comenzar con el proceso de bocetaje digital en el programa de Paint Tool Sai, refinando detalles y agregando algunos elementos nuevos. Una vez hecho el bocetaje digital, en una nueva capa linework, con la herramienta curva se trazaron las líneas principales de la dendrita y la terminal de axón, las cuales sirvieron para seleccionar los espacios dentro de este delineado, y facilitar el pintado de cada pieza por separado.

Para esta pieza se escogió una armonía de color⁶⁴ de cálidos y fríos⁶⁵, que logró hacer una separación entre el fenómeno de la transmisión (en cálidos) y los elementos que componen las células nerviosas (en fríos) que participan del fenómeno.

En este caso, al fenómeno lo conforman los neurotransmisores que salen expulsados de la terminal de axón hacia la dendrita, que según Llinás, Steinberg y Walton:

La liberación de un neurotransmisor es provocada por la llegada de un impulso nervioso (o potencial de acción) y se produce a través de un proceso de secreción celular (exocitosis⁶⁶) inusualmente rápido, [...] (1981, s/ pág.).

Así, previo al pintado se creó un fondo negro en una capa normal por debajo de todas las capas, hasta el momento creadas para poder observar los colores y los cambios que tendrían dichos tonos, aplicados sobre negro como sucedió en las otras piezas y que a partir de dichas pruebas, se eligieron tonos siguiendo la armonía de cálidos y fríos mencionados; se puede observar la paleta de color final manejada en la pintura “Espacio Sináptico” en la Figura 43.



Figura 43. El tono verde fue utilizado para los elementos que no estaban en relación directa con el fenómeno sináptico, en este caso las mitocondrias.

⁶⁴ Dentro del estudio del color la armonía se refiere a: “hallar una correspondencia, concordancia y orden de un color con respecto a otros, creando composiciones capaces impresionar la percepción y sensibilidad del observador. La armonía será el resultado de estímulos visuales que proyecten una gran sensación de orden placentera y agradable, nunca en su caso opuesto.” (Herrera, 2015, pág. 26).

⁶⁵ De acuerdo con la Teoría del color se encontró que: “Suele decirse que los matices en el área roja de la rueda cromática son cálidos, mientras que los de las gamas azul y verde se denominan fríos” (Zelanski & Fisher, 2001, pág. 35)

⁶⁶ Respecto de la exocitosis se encontró que: “Constituye el principal mecanismo celular para la secreción de neurotransmisores. Este mecanismo comprende la fusión de la vesícula secretora con la membrana plasmática, lo que produce la liberación de su contenido soluble” (Camacho, Montesinos, Machado, & Borges, 2003, pág. 355)

Hecha elección de los colores a utilizar en la obra, se procedió al pintado de las piezas pertenecientes a las terminales nerviosas que realizan el proceso sináptico, para lo cual se seleccionaron ambas partes previamente delineadas desde la capa de linework, usando la herramienta de varita mágica. Con los espacios seleccionados se creó una nueva capa normal, en la que se agregó un color base usando la herramienta de pincel de acuarela/wáter, con el estabilizador en 0 -para una mayor fluidez del trazo-, una opacidad al 40% y una dureza mínima, para crear una capa de color más opaca por los bordes y más intensa por el centro de las figuras; posteriormente con la misma configuración de pincel en otro tono, se agregaron pinceladas en partes específicas para marcar las que llevarán volumen; para la misma capa de base, se marcaron detalles de la membrana celular en las “partes más elevadas”, para generar irregularidades de profundidad en la membrana, con el pincel normal en opacidad al 16 % y dureza al máximo con un tono de azul más claro que la base. Ya marcadas las irregularidades, se usó el pincel de acuarela con dureza mínima para suavizar las extremidades de las marcas.

Este mismo proceso se realizó en ambas piezas de célula nerviosa, usando variaciones en el tamaño de la pincelada; en la pieza más pequeña, además se utilizó la herramienta borrador con una densidad baja y dureza mínima, para perfilar mejor los trazos de pincel demasiado anchos. Al final del pintado base, se bajó la densidad de la capa al 40 % y se duplicó, usando las opciones del menú de Capa/ Layer de Paint Tool Sai con la finalidad de crear una transparencia entre ambas para una capa intermedia.

Como se explicó antes, se creó una capa media entre las dos resultantes de la base original, esta capa nueva se utilizó para dar textura a la membrana; para ello se utilizó un tono morado más oscuro que el de la base en la célula nerviosa más grande, y un tono azul claro para la célula más pequeña, esto con el objeto de que su textura no pasara desapercibida por el tamaño, además este mismo tono de azul se colocó en una zona estratégica, para que la textura destacara, una vez generado el volumen en la célula nerviosa ubicada en el primer plano. La textura se creó usando el pincel de acuarela con la configuración de densidad al 100%, dureza media y se agregó una textura de lienzo, en la opción Acuarela -en menú de configuración de pincel-, con una intensidad al 95%, variando después el tamaño de la pincelada de acuerdo con la zona o la célula que se estuviera pintando.

En seguida se muestra la configuración del pincel en cuestión dentro del programa de dibujo (Figura 44), así como un detalle del sombreado en la dendrita (Figura 45). Como atención adicional y acerca de las diferencias técnicas, al momento de ejecutar una pieza en digital o tradicional, sé tiene que la interacción con el color y la obtención de nuevos tonos o degradados, a partir de dos colores o más, dependerá en gran medida de las herramientas que nos proporcione el programa, y el adaptar técnicas eficientes dentro del software de dibujo.

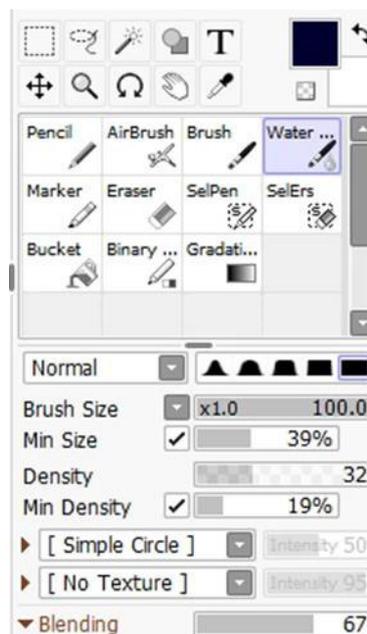


Figura 44. La baja densidad, aunado a un porcentaje por encima de la media de Blending, permiten un color con transparencia y buena mezcla con otros tonos.

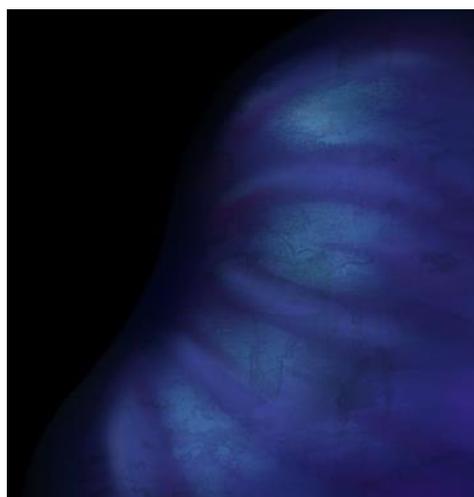


Figura 45. El tono rosado en zonas con mayor difuminado se mezcló con el tono azul del sombreado principal, dando como resultado un tono morado que se puede observar en la esquina inferior derecha del detalle. Lo anterior ocurrió debido al porcentaje de Blending configurado en el tono azul

Para clarificar, en la obra número 2, se debe definir que el concepto de Blending o Matizado dentro de la pintura, refiere como sigue: “*significa crear un área entre dos colores donde ambos son gradualmente mezclados y se obtiene una suave transición de un color a otro*” (Boddy-Evans, 2019, s/pág.).

Paint Tool Sai ofrece entonces, dentro de su configuración de pinceles la opción de Blending, que permite elegir dentro de una escala de 0 a 100, cuanto permanecerá el color sobre otro, mientras menos Blending mayor permanencia de color y viceversa.

Otras formas de interactuar con el color y combinarlos en los softwares de pintura/ dibujo es mediante: opacidad, densidad, flujo⁶⁷, blur/ difuminar, pinceles de combinación y los modos de fusión de capas. (Figura 46).

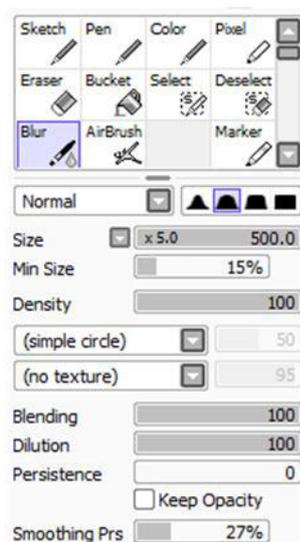


Figura 46. Ejemplo de la herramienta de pincel de blur y su funcionamiento en una muestra de tres colores en Paint Tool Sai..

Imagen consultada en la dirección URL: <https://design.tutsplus.com/es/tutorials/a-beginners-guide-to-paint-tool-sai--cms-25089>

⁶⁷ En relación con la opción de flujo dentro del programa de Photoshop, éste se distingue de la opacidad porque: “*El flujo te permite sumar la intensidad de los pinceles que estés utilizando sin tener que hacer clic con el mouse, es lo más parecido a pintar con un lapicero. Cuantas más veces pasas más opacidad tendrán los pinceles*”. (Encina, 2017, s/pág.).

Por lo tanto, se procedió a la iluminación, en este caso bajo el criterio de que la luz únicamente funge como un generador de volumen en las figuras. Entonces, se generó una nueva capa que fue colocada por encima de la capa base superior, y se nombró luces, luego se trabajó con un tono rosáceo de baja saturación, a marcar las formas de luces más generales en las membranas celulares de ambas neuronas, con la herramienta marcador, la cual emula un rotulador, en la siguiente configuración de forma: Dureza del borde del pincel mínima, densidad 12, Blending de 6 y sin ninguna clase de textura. Concluido lo anterior y en el uso de la herramienta borrador, con una densidad de 11 y dureza mínima, se repasaron los bordes de las partes “iluminadas”, para eliminar los bordes de las pinceladas más marcadas y perfilar los bordes fuera de sitio; luego, usando nuevamente la herramienta de marcador, pero esta esta vez con una densidad de 31 y en el mismo tono, se crearon luces menos difusas en zonas más específicas de las membranas. Posteriormente, se acompañaron las últimas luces con líneas de “brillo” realizado con la herramienta lápiz, el cual al tener una línea de trazó más fina, permitió trazos puntuales en las zonas más pequeñas y bordes de la membrana del axón; para terminar con las luces, esta capa se combinó con la capa superior de pintado base, desde el menú de capa/layer y a continuación a la nueva capa resultante se le disminuyó la opacidad al 46%, de esta forma la nueva capa formó una especie de película sobre la capa de textura dando una apariencia de “capsula” sobre ésta capa (Figura 47).



Figura 47. Detalle de la membrana de la terminal axónica después de la aplicación de luces.

Hasta este punto el pintado de las membranas celulares dentro del programa de Paint Tool Sai termina, por lo que se eliminó el área de selección creada al principio del coloreado, para posteriormente convertir el archivo a la extensión .psd y acceder a él, como archivo de Photoshop para su futuro montaje.

Previó al montaje y edición de la obra en Photoshop, se crearon y reutilizaron archivos de Paint Tool Sai, para el bocetaje y pintado de elementos de la pintura independientes a las membranas celulares; por otra parte, los orgánulos de ambas neuronas, así como los neurotransmisores expulsados por la terminal axónica requerían, por detalles particulares, archivos propios.

En el caso de los orgánulos, solo se agregaron detalles a las mitocondrias utilizadas en la pintura “Uniones Neuronales”, puesto que su estructura es la misma, sin embargo, para este caso dichas mitocondrias al estar en una vista más cercana, deberían mostrar sus propios mecanismos internos, por lo cual se buscaron nuevas referencias, como ejemplos mostrados en las Figuras 48 y 49.



Figura 48. Ejemplo de estructura interna de una mitocondria.
Imagen consultada en la dirección URL: <https://www.newsmedical.net/news/20180116/145/Spanish.aspx>

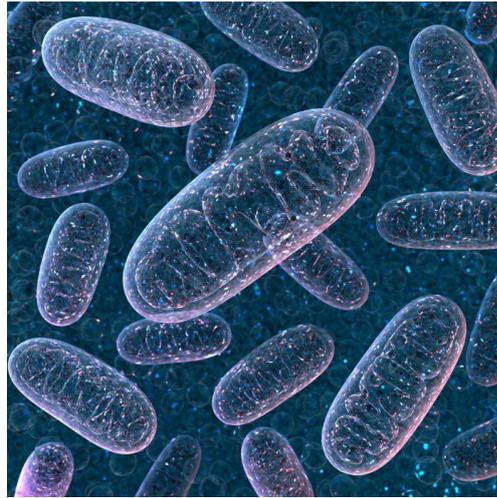


Figura 49. Conjunto de mitocondrias.

Imagen consultada en la dirección URL: <https://sitquije.com/mundo/salud/cuando-tenga-60-se-vera-de-40-y-estara-agradecido-de-haber-hecho-esto>

Como se puede notar en los ejemplos anteriores, la cubierta del orgánulo en cuestión, no es completamente de un color sólido, se tiene una transparencia como si de una capsula se tratará, por lo que se tomó el archivo “Mitocondria” realizado para la segunda pintura, y se bajó aún más su opacidad original de 70% a 24%, siendo posible observarle en mejor calidad través de su capa superior; continuando, se disminuyó la opacidad y se bocetó el mecanismo interno del orgánulo, realizado directamente en el lienzo digital con el pincel simple, con dureza intermedia en los bordes y una densidad de 100. Esta capa se creó debajo de todas las que contenía el documento original. Determinada la forma final en el boceto, se creó una capa de Linework para pulir las líneas del boceto, para seleccionar desde esta capa la acción de realizar la aplicación de color utilizando “curva/curve”, herramienta ya mencionada.

Para la aplicación de color, se usó una capa normal ubicada debajo de la Linework, con pincel/brush en textura de acrílico, para dar impresión de rugosidad, en una densidad de 100 y dureza de borde máxima, en color purpura. Replicando procedimientos anteriores, se dio tridimensionalidad al componente de la mitocondria, agregando capas para luces y sombras, las cuales se hicieron coincidir con las realizadas para la capa externa de la mitocondria. Terminado el pintado se exportó la imagen final en extensión .png y se guardó para su traslado consecutivo al software de edición.

Dentro de los momentos que intervienen en el fenómeno sináptico en su variante química, se encuentra la expulsión de neurotransmisores, los cuales salen de la terminal axónica envueltos en una proteína transportadora, la cual varía dependiendo el tipo de neurotransmisor que transporta. Para la creación de la proteína se escogió aquella que transporta a la dopamina la cual, según Bahena, Flores & Arias (2000):

Es el neurotransmisor catecolaminérgico⁶⁸ más importante del Sistema Nervioso Central (SNC) de los mamíferos y participa en la regulación de diversas funciones como la conducta motora, la emotividad y la afectividad, así como en la comunicación neuroendocrina⁶⁹. (pág.39).

El diseño de dicha proteína se basó en las representaciones de los modelos 3D cristalografías⁷⁰, así como de esquemas de mayor claridad para el aspecto de las proteínas; en este sentido, el nivel de representación usado para estas piezas pictóricas, no concordaba en ninguno de los formatos de referencia consultados, por lo cual se hizo una fusión basada en ellos acorde al estilo manejado.

A continuación, se muestran algunas formas de modelo de proteínas consultados y utilizados (Figuras 50 a 52).

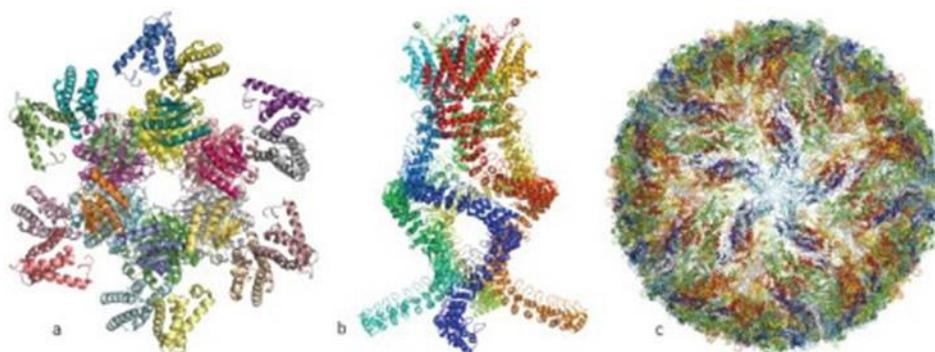


Figura 50. Ejemplos de proteínas obtenidas con microscopía crio-electrónica: a) Complejo de proteínas, b) proteína que funciona como sensor, c) Representaciones del virus del Zika. Ilustraciones de la Real

⁶⁸ Relacionado a las catecolaminas: “La dopamina, la adrenalina y la noradrenalina son las tres principales [...]. A nivel químico estos neurotransmisores se caracterizan por la presencia de un catecol (un compuesto orgánico que contiene un anillo de benceno y dos grupos hidroxilos) y una amina en la cadena lateral.” (Figueroba, (s.f), s/pág.).

⁶⁹ Relativo a esta cita se encontró que Neuroendocrino se refiere a: “Las interacciones entre el sistema nervioso y el sistema endocrino. [...] se refiere a ciertas células que envían hormonas a la sangre en respuesta a la estimulación del sistema nervioso.” (Instituto Nacional del Cáncer, (s.f.), s/pág.).

⁷⁰ Sobre este tema acerca de la obtención de imágenes de proteínas se encontró que: “La cristalografía de proteínas es una de las técnicas más poderosas para determinar la estructura tridimensional de macromoléculas a nivel atómico, la cual se basa en el fenómeno de difracción de los rayos X por cristales.” (Rodríguez, 2018, s/pág.).

Academia Sueca de Ciencias. Detalle de imagen consultada en la dirección URL:
<https://invdes.com.mx/los-investigadores/pasion-la-estructura-una-imagen-dice-mas-mil-palabras/>

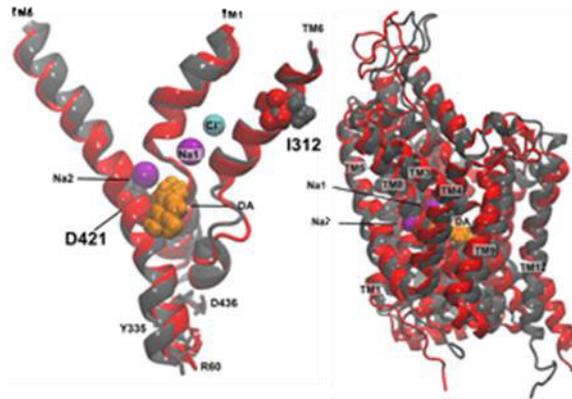


Figura 51. Modelos moleculares del transportador de dopamina con mutación.
Imagen consultada en la dirección URL: <https://www.tacc.utexas.edu/-/the-dopamine-transporter>

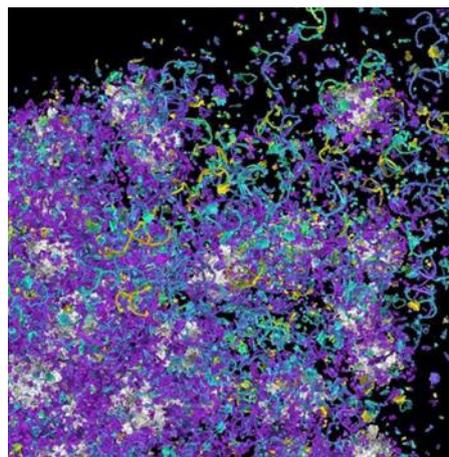


Figura 52. Instantánea de la movilidad de las proteínas en la sinapsis.
Imagen consultada en la dirección URL: <https://www.innovations-report.com/life-sciences/in-one-sweep-visualization-of-protein-mobility-in-the-synapse/>

En dichas imágenes se mantiene la constante de formas en espiral, y una textura rugosa cuando las estructuras proteicas se acumulan y superponen unas a otras, estos fueron los principales aspectos considerados para interpretación de la proteína transportadora, entonces, se decidió el aspecto general de la proteína, y en un nuevo documento de Paint Tool Sai se creó un boceto para la silueta final, para después a crear la textura principal en una nueva capa normal; usando marcador/marker como herramienta para el pintado, se le agregó un terminado de simulación de acrílico con el

objetivo de crear la sensación rugosa descrita con anterioridad; luego alternando diferentes degradados de tonos en rojo se dio profundidad, concentrando los tonos menos brillantes para crear una especie de hueco en donde posteriormente se colocó el neurotransmisor, ya con el lápiz en baja densidad se generaron detalles como espirales sueltas. En otra capa colocada por debajo, se detalló la forma de espirales de la textura original, usando pinceladas con movimientos circulares siguiendo el patrón colocado en la base de la primera capa. Sumando, se usó una capa más agregando detalles en color azul, y con el pincel de acuarela se creó una capa de baja densidad del mismo tono, para integración con los colores usados.

Finalmente, el archivo se guardó en formato .psd y se abrió, en donde se colocaron esferas de colores previamente elaboradas -que simulan partes de neurotransmisor-, entre una capa de color y otra del archivo de Paint Tool Sai, para simular que las esferas están envueltas por la proteína.

Otros elementos para esta pintura y hechos por separado fueron los receptores de neurotransmisores o neuroreceptores⁷¹, que se encuentran dispersos a lo largo de la membrana celular de las neuronas; para su creación se aplicó el método descrito, un bocetaje, delineado (para pulir los límites con el color), aplicación de color base, sombras y luces. Se continuó el proceso del receptor en Photoshop, donde se duplicó la capa de color base, con la instrucción directa desde teclado Ctrl + j, enseguida esta capa se seleccionó y se colocó por encima del resto, y usando transformación libre del menú de selección, se aumentó el tamaño del contenido en la capa, simulando una transparencia con una opacidad de 20%. Después, se empleó el comando “Mover” desde la barra de utensilios para ajustar la nueva pieza, sobre la silueta del receptor original, de tal manera que esta nueva forma muestre una doble capa sobre la superficie del receptor; entonces, El archivo se exportó como imagen en extensión .png y se guardó en una carpeta junto al resto de elementos sueltos, para ser utilizados en la edición conjunta de la obra.

⁷¹ Consultar descripción en el Anexo: Sistema Nervioso y Sinapsis al final de este trabajo.

Dentro de la realización de este cuadro y como se ha hecho hasta el momento con el resto de la serie pictórica, lo que siguió una vez terminado el pintado, dentro de esta línea de trabajo, fue el montaje y edición de las piezas involucradas.

Para la realización del montaje, se creó un nuevo documento en Photoshop con un lienzo digital de 220 x 140 cms. al cual se trasladaron cada uno de los elementos de manera individual, incluyó a las membranas, que de aquí en adelante se mencionaran como Membrana 1 (Terminal de axón) y Membrana 2 (Espina dendrítica); cabe decir, que cada una de las partes de la pieza fue transferida al archivo final conforme se requirió su integración a la pintura.

Membrana 1 y 2 se exportaron de Paint Tool Sai en extensión .png, al igual que el resto de los componentes anteriores; puesto que sus ediciones dentro de Photoshop llevaron diferente tratamiento, el tenerlas en capas separadas resultaba más conveniente. Con las membranas en el nuevo lienzo, se seleccionaron cada una de ellas para escalar su tamaño con “Transformación libre” y adaptarlas a las nuevas dimensiones.

Para la edición de Membrana 1 se exportaron dos versiones de la misma pieza, una sin la capa de luces y otra con esta capa activa, para acentuar las texturas de la membrana replicándolas con otra capa, pero sin duplicar las luces. La capa de las luces se colocó a su vez por encima de la membrana sin luces, y se le bajó la opacidad y el relleno al 50% y 40% respectivamente. Después se colocaron 3 mitocondrias, en una capa por debajo de la Membrana 1 sin luces, las cuales se reajustaron en medida y dirección, usando “Transformación libre”, además la opción de “Voltear horizontal” en el submenú de Transformación libre.

Con la distribución de las mitocondrias terminada, se agregó un resplandor exterior a la capa de cada una de las restantes, para dar un efecto de grosor a la membrana principal; para ello se tuvo que reducir en el rango el resplandor, y disminuir su suavidad para lograr bordes menos difusos, luego se eligió el instrumento “Cuentagotas” de la barra de herramientas, con el mismo color que recubría el borde de la membrana original.

En la siguiente reconstrucción del proceso (Figura 53), se pueden apreciar las diferencias en la membrana de la mitocondria con efecto aplicado; el “rango” en el resplandor es el principal responsable de “crear” el grosor de la membrana como se determina: “Controla la parte del resplandor afectada por el contorno” (Adobe, 2020, s/pág.), creando una especie de radio o línea alrededor del objeto que contiene el resplandor.

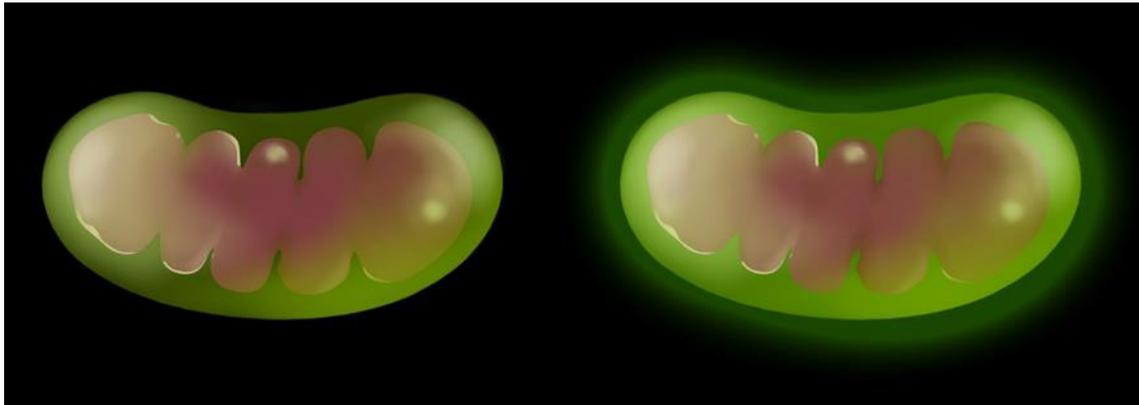


Figura 53. Diferencias entre la mitocondria original y la mitocondria después de agregado el efecto de capa ya mencionado.

Para el acomodo de la Membrana 2 se aplicó un procedimiento similar al de 1, sin embargo, para el uso de esta pieza no se exportaron dos piezas de Paint Tool Sai, ya que las luces en dicho componente no interfieren en la textura, y dicho elemento simplemente se duplicó de manera normal desde Photoshop, creando una copia. Por otro lado, las mitocondrias para esta membrana se redujeron en tamaño, del cual los detalles son menos visibles para el espectador, por lo que se prescindió de usar un efecto como el realizado para las mitocondrias en Membrana 2. En este caso, a esta parte de la neurona sí se le adicionó un efecto de resplandor exterior, debido a que esta membrana está cargada del potencial que originó la expulsión de los neurotransmisores, y en la capa original, fue donde se colocó el resplandor en un tono rojo con poca saturación. Una vez terminado el acomodo de ambas partes, se crearon dos carpetas M_1 y M_2, en donde se colocaron las respectivas capas de ambas membranas.

A continuación, se procedió a la colocación de los neurotransmisores, requiriendo una reubicación con respecto de la distribución del boceto original, puesto que las dimensiones en el nuevo lienzo disminuyeron el espacio entre las ubicaciones originales,

además, se disminuyó el número de neurotransmisores en el espacio sináptico para evitar su aglomeración en un espacio tan reducido. Para adaptar el tamaño original de la proteína con el neurotransmisor se usó la opción “Transformación libre” del menú de selección, así como los instrumentos “Mover” y “Lupa”; ya establecida la posición final, se creó una carpeta a la que se nombró Neurotransmisores, a donde se transfirieron para una mejor organización de las partes de la obra.

Para la creación del fondo, se pensó en dos elementos involucrados, en primer lugar, las transmisiones de información lejanas (sinapsis ocurriendo al mismo tiempo) como ya se consideró en las primeras dos partes de la serie pictórica; y segundo, otras sustancias secretadas por la célula junto a los neurotransmisores tal como se describe a continuación: *“Las neuronas son células especializadas en transmitir electricidad y para ello modifican la permeabilidad de su membrana en el axón, permitiendo la entrada y salida de sales y con ello la transmisión del impulso eléctrico.”* (Mas, 2014, s/pág.).

Luego de determinar los componentes mencionados, se pasó a la creación de una nueva capa, colocada por debajo de todas las capas realizadas al momento, en esta pintura. En esta nueva capa se realizó un degradado horizontal de izquierda a derecha, con el utensilio del mismo nombre usando tonos de negro a rojo. Sobre esa capa se agregó otra nueva, para con la herramienta “Bote de pintura” se relleno en negro, después utilizando un pincel de humo en tono blanco (gratis) obtenido de la página crehana.com, se creó un patrón para simular las sustancias liberadas junto a los neurotransmisores. Finalmente se añadió un estilo de capa de “Resplandor interior” con en color cian, con el objetivo de remarcar las siluetas de humo creadas por el pincel; la capa de humo se duplicó y después ambas se cambiaron al modo de fusión de capa Trama.

Para generar las luces producidas por otras sinapsis simultaneas, se partió de una capa base por encima de las capas con humo, cubriéndose de negro con “Bote de pintura”, y crearon círculos en posición aleatoria, de tamaños fijos que oscilaban entre los 0.5 a 2 cms. utilizando la herramienta “Elipse” con la configuración “Tamaño fijo” en el menú de “Opciones de Geometría”; los círculos a su vez se fueron agregando por orden de un solo color a la vez sin importar el tamaño, usando dos tonos de rojo y blanco. Continuando con el proceso, se combinaron las formas de la misma coloración con la opción

“Combinar capas”, de modo que solo quedaran tres capas con diferentes tamaños de círculos, pero agrupados en los tres distintos colores, después a cada capa se le añadió un “Resplandor exterior” como estilo de capa en tono rojo. Con lo anterior, se duplicaron las capas, aplicando además un filtro de “desenfoque Gaussiano” con un radio de 2 píxeles, una vez desenfocadas las capas se les realizó una “Transformación libre”, aumentando el tamaño de los círculos al doble de las capas originales, y se bajó la opacidad de al 80%, estas acciones se repitieron al menos tres veces más, partiendo cada vez de la última capa anteriormente modificada; de tal forma que las modificaciones anteriores se fueran acumulando para la siguiente versión de capas; en el caso de la capa de círculos blancos, estos solo se duplicaron dos veces a partir de la primera capa de dicho color. Lograda la repetición de capas, fueron seleccionadas y combinadas en una única capa junto a la primera base en negro; seguido, al resultado final de la combinación de capas se le aplicó el modo de fusión “Luz fuerte”.

El modo de fusión “Luz fuerte” permitió la observación de las capas inferiores del fondo previamente creadas, sin la necesidad de añadir opacidad; de acuerdo con Fabara (2018), este modo de fusión de capa trabaja como:

(...) una mezcla entre los modos de fusión de ‘Sobreexposición lineal’ y ‘Subexposición lineal’ dividido a la mitad. Los tonos son aplicados de manera más drástica sobre la imagen, y se puede ver cómo el contraste general. (s/ pág.).

A continuación, se observan los diferentes cambios en la realización del fondo, con aplicación de los modos de fusión en las diferentes capas (Figura 54).

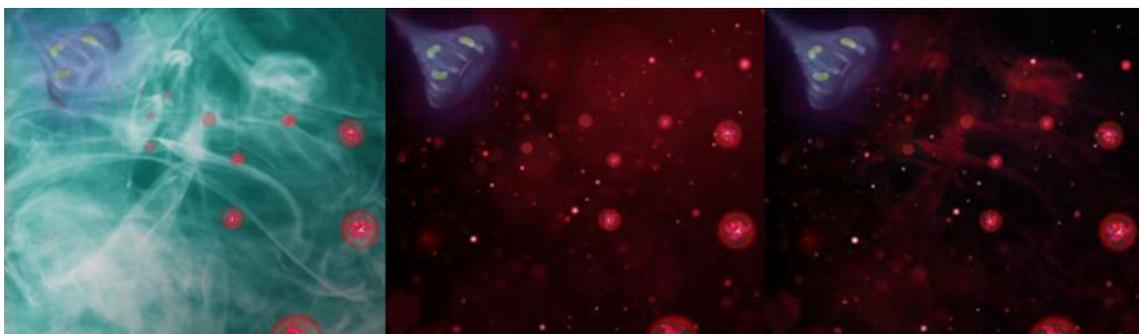


Figura 54. En la primera imagen (de izquierda a derecha) se observa la capa con volutas de humo con el modo de fusión Trama a la vez que el tono cian es consecuencia del “estilo de capa”, la segunda imagen

(centro) muestra la unión de las capas con círculos con el modo de fusión Normal, la última imagen (derecha) muestra el resultado final luego de la añadir el modo de fusión Luz fuerte.

Como paso final para completar la edición de esta obra, se colocaron los receptores creados en el programa para dibujo, ubicados sobre la Membrana 2; luego de su colocación se requirió un ajuste en la luz de los receptores para integrarlos al ambiente del resto del cuadro, con el uso de los modos de fusión de capa; en este caso para elegir el modo de fusión correcto para la integración, se tomaron en cuenta factores como el color de iluminación que prevalecía en la Membrana 2, es decir la capa inferior, la iluminación prevaleciente en el resto del ambiente y los colores actuales de los receptores (tonos morados y azules), de tal forma que el modo de color a elegir hiciera un balance entre esta mezcla de colores dominantes en la capa de fusión, y la capa anterior, en este caso se eligió el modo de fusión “dividir”, del modo de fusión Fabara (2020) expone:

Pertenece a lo que se denomina como grupo de fusión de ‘Cancelar’ que incluye también el modo de fusión de ‘Restar’... [...] Si tenemos un rojo 120 en la capa de fusión y en la capa inferior tenemos un valor 40, nuestro color de resultado es de un rojo al 85. Ahora, en colores compuestos, se hace la división por cada canal de color. Debido a que los valores son transformados en escala de 0 a 1, el resultado suele ser en su mayoría más sobreexposto. (s/pág.).

En seguida se muestra el cambio en los receptores luego de la aplicación del modo de fusión sobre la capa (Figura 55).

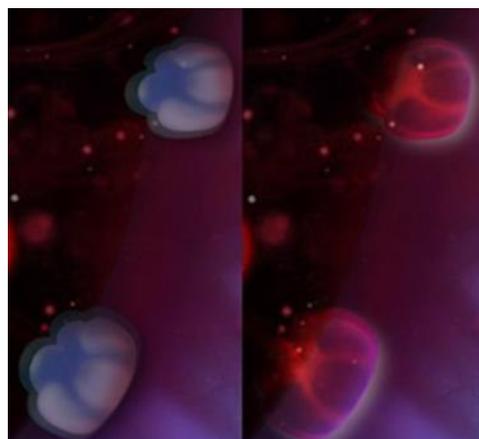


Figura 55. Receptores en una capa en modo de fusión “Normal” (Izquierda), receptores luego de aplicación del modo de fusión “Dividir”.

2.2.4 Pintura IV: Receptores

Para completar esta serie pictórica, en esta última pieza se muestra un acercamiento a los receptores, de los cuales ya mencionados en el presente documento. Se describe la escena en la que se completa la transferencia de información entre dos neuronas; en el momento justo en que los neurotransmisores alcanzan a sus receptores específicos, en la neurona post sináptica, lo que desencadenará o no (ley del todo o nada⁷²), un potencial de acción; el cual en caso de ocurrir continuará la señal a lo largo de la neurona hacia otras a través del axón. Para ello se bocetó una porción de la membrana celular del botón post sináptico de la neurona receptora, en la que se aprecia la forma de los receptores (en este caso receptores de Ácido gamma-aminobutírico), además de la conformación de la membrana neuronal. Como en las anteriores actividades de esta serie, se continuo con el mismo flujo de trabajo, un bocetaje sobre papel a la manera de dibujo tradicional, para después pasar a la digitalización mediante el bocetaje a mano alzada en el programa Paint Tool Sai. Durante el traspaso al boceto en digital, se incluyeron detalles de la membrana celular que se omitieron inicialmente en papel, ya que es irrelevante agregarlos en una fase tan temprana. En las Figuras 56 a 58 se presentan bocetos sobre papel, así como la versión digital.



Figura 56. Primer boceto a mano alzada de la pintura 4, en la que se aprecia casi por completo el botón sináptico

⁷² Hablando específicamente dentro del ámbito de la neurología la ley del todo o nada hace referencia a la transmisión de corriente eléctrica de una célula a otra, sin embargo, esta transmisión eléctrica se dará en toda la célula o no sucederá porque la señal no es lo suficientemente intensa, pero nunca sucederá dicho fenómeno a medias en una célula, como menciona Casasola, L. (s.f) en su artículo "*Ley del todo o nada: qué es y por qué es importante en neurología*". (s/pág.).



Figura 57. Bocetos de los receptores GABA

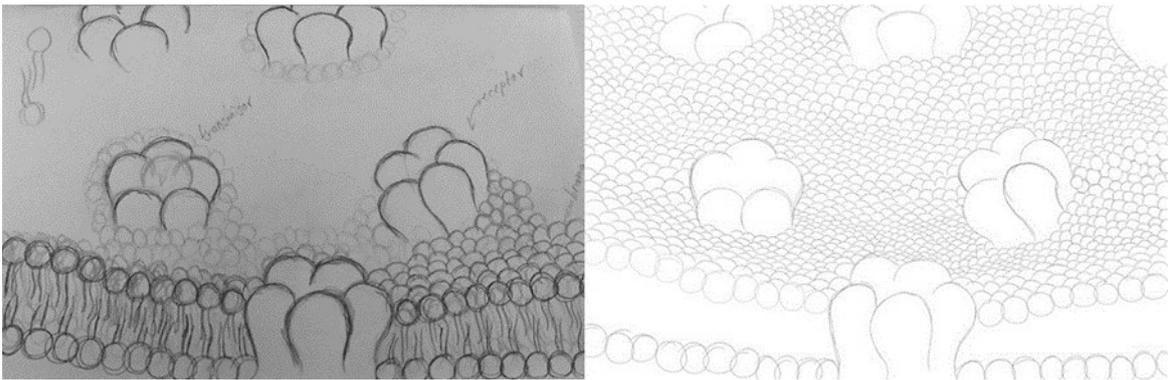


Figura 58. A la izquierda se muestra el boceto final en papel, en la parte derecha la versión finalizada en digital, en la que se puede apreciar la composición de la membrana celular de la neurona.

Luego del boceto en digital sobre una capa común con la herramienta lápiz (usando un estabilizador en 7 para un mejor control de la línea), se creó una nueva capa de linework para delinear el área de los receptores, esto con el fin crear una máscara de selección en cada receptor con la herramienta de varita mágica y trabajar el coloreado sin afectar el resto del lienzo. La paleta de color de esta última pintura se eligió con tonos muy vibrantes y estridentes, con el propósito de resaltar los cambios que están a punto producirse por la llegada de los neurotransmisores a los receptores del botón pos-sináptico. Con el área de los receptores seleccionada se creó una nueva capa normal a la que se nombró color base, en este caso se eligió un tono cian y se pintó cada receptor

utilizando un pincel regular (brush) con una densidad de 100 %, usando un estabilizador en 0, sin textura y sin blending.

Una vez elegido el color base, se prosiguió con la realización de las luces y sombras para generar volumen en los receptores, este procedimiento se hizo siguiendo el orden de las anteriores pinturas, es decir utilizando capas separadas (para luces y para sombras); para las sombras se trabajaron dos capas, una para las más generales y otra para remarcar profundidades y dar mayor definición al receptor. En las sombras generales se utilizó el pincel de acuarela, con una densidad entre el 20 y 30, sin textura, un estabilizador en 4 -para tener cierto control del trazo- y un blending de 60, puesto que se mezclaron dos colores. En la otra capa de sombras más definidas se utilizó el pincel normal, sin textura, un estabilizador en 7 (para trazos muy precisos), sin blending; además, se agregó un modo de fusión a la capa llamado Burn y también se bajó la opacidad de la capa al 70%. Las luces, al igual que las sombras se manejaron en dos capas, luces generales y la segunda para marcar un contraste con el color de base. En la primera capa se usó un pincel de acuarela con una densidad al 40, sin textura, un estabilizador en 0 y un blending de 70. A la segunda capa de luces se le llamó Luces de definición y se utilizó el marcador al 24 de densidad, estabilizador 0 y sin blending, puesto que no se usó más que un tono cian desaturado, esta segunda capa de luces acentuaba la anterior capa de luces. En la Figura 59 se puede ver el proceso de pintado de los receptores desde la capa de color base hasta la segunda capa de luces.

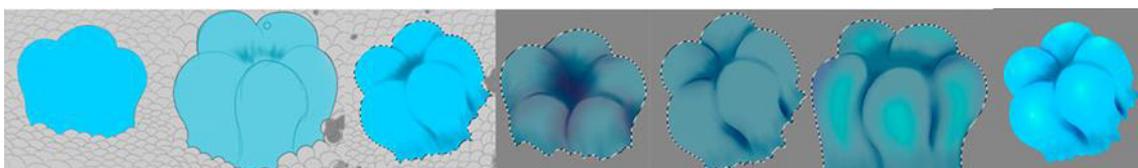


Figura 59. De Izquierda a derecha (color base hasta las luces), en algunas ocasiones se ocultó la capa de delineado y en otras se bajaba la opacidad con objeto de observar mejor las zonas a pintar.

Coloreados los receptores se procedió a agregar color a la membrana, la cual consiste en esferas que simulan ser los lípidos⁷³ que conforman la membrana de acuerdo con Megías, Molist y Pombal (2019): *“Las membranas celulares están formadas por lípidos, proteínas y, en menor medida, por glúcidos”* (s/pág.), por lo cual, se tiene que las luces y sombras jugaron un papel determinante para lograr una apariencia irregular en el relieve y además dar la forma de esfera a los semicírculos apilados del fondo; para ello se generó una nueva carpeta denominada “Membrana”, dentro se colocó la capa del delineado de fondo, y se creó una nueva capa destinada a ser la capa de color base, en este caso verde, para continuar con los tonos fríos de los receptores; la base se hizo con un pincel normal sin textura, densidad 100, estabilizador 0. Después se realizó el proceso de luces y sombreado siguiendo la misma dinámica de los receptores, es decir dos capas de sombras y dos de luces, agregando una tercera capa en donde las primeras para las sombras y luces generales, y las segundas y terceras para definir detalles; para este proceso además se hizo uso de referencias visuales sobre el impacto de la luz a una esfera. Para las luces se definieron las “áreas” luminosas para dar una sensación de elevaciones y zonas bajas de las esferas, después acentuadas con bloques de sombras; usando un pincel normal con 48 de densidad, 0 de estabilizador y baja dureza, se usó un tono verde más brillante y desaturado a partir del verde base; y se bajó la opacidad de la capa a 23% y se cambió el modo de fusión de capa a Dodge.

En la segunda capa de luces de talle, se usó el color cian desaturado ya utilizado para la capa de luces de los receptores, y se procedió a pintar con el marcador detalles en las esferas, siguiendo las referencias en gran parte de las esferas de los bloques de pintura de capa de generales, tratando de imitar reflejos de una esfera de cristal. Aquí también se cambió la capa al modo de fusión de Lighten (aclamar), para quitar intensidad al color. La capa de luces final para detalles usó un lápiz en blanco, con densidad 100, y se remarcaron los bordes de las líneas originales del sketch de las esferas con reflejos, la capa además se bajó al 40% de opacidad.

En las sombras generales se usó un verde menos brillante, y se procedió al pintado usando un pincel de acuarela con 70 de densidad, sin blending; para esto primero se

⁷³ Acerca de los lípidos se encontró que “Los lípidos constituyen aproximadamente el 50 % del peso de las membranas, con unos 5 millones de moléculas por μm^2 ” (Megías, Molist, & Pombal, Atlas de histología vegetal y animal. La célula, 2019, s/pág.).

pintaron grandes áreas de los lípidos por bloques, después con el pincel en menor tamaño se repasaron algunos lípidos para dar las sombras de esfera más definidas. Cuando la capa estuvo lista, se disminuyó su opacidad al 77% y se cambió el modo de fusión a Burn (quemado), el cual oscurece el tono en su estado normal. En la capa de sombra de detalles, se reforzaron todavía más las sombras de repaso de la capa general, y se agregaron otras sombras más precisas sobre esas mismas zonas, con el mismo pincel de acuarela en un tono de verde aún menos brillante; adicionalmente fue conveniente agregar una capa más de delineado en el mismo tono de verde usando un lápiz en 100 y estabilidad en 7, esto para dar una mayor definición de las formas esféricas; Luego, se creó una carpeta llamada Membrana y se colocó por debajo de la carpeta de los receptores. A continuación, en la Figura 60 se muestra la transformación de la membrana.

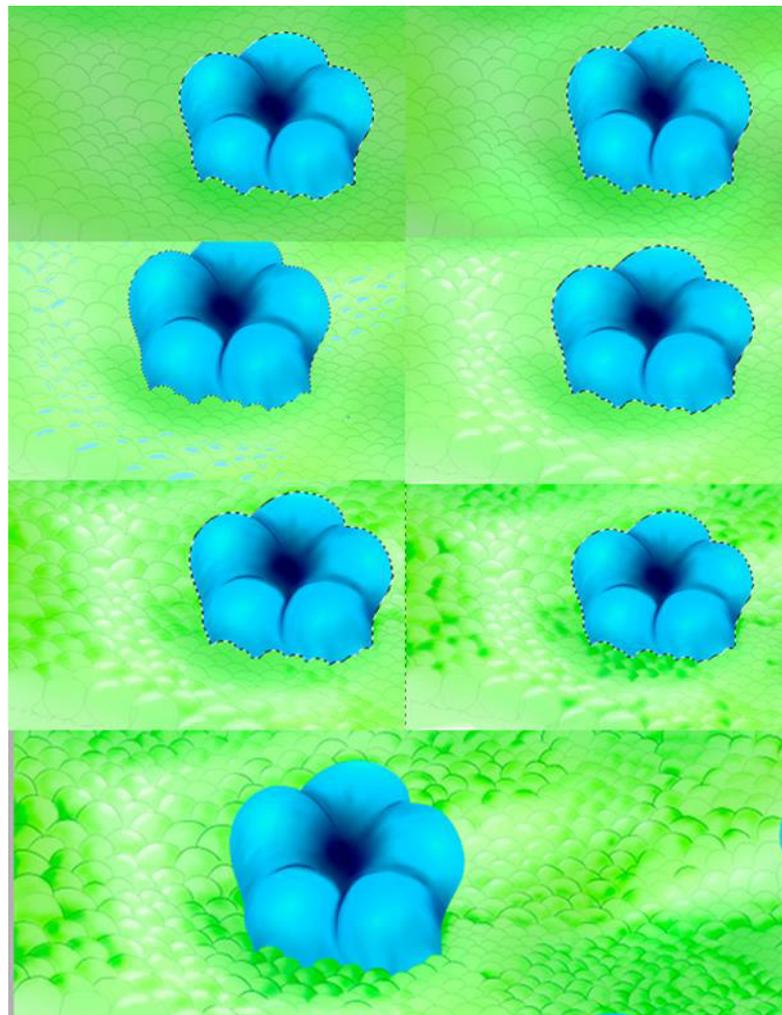


Figura 60. De Izquierda a derecha, arriba hacia abajo, detalle de una parte del proceso de luces y sombras en la membrana.

La fase de coloreado terminó con el tratamiento de color de la zona intermedia de la doble capa de lípidos, en la cual se pueden observar los ácidos grasos que sobresalen de cada una de las esferas. Como se muestra en la Figura 61.

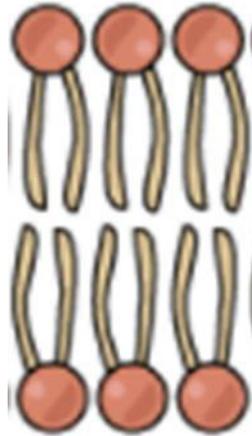


Figura 61. Detalle de esquema. Representación de lípidos en la membrana neuronal.

Imagen obtenida de la dirección URL: <https://xn--diseointeligente-9tb.org/los-canales-de-la-membrana-celular-muestran-una-especificidad-asombrosa/>

Esta área primero se delimitó el área creando una capa de Linework , delineando el perímetro de las esferas cercanas al espacio intermedio; en seguida se usó la varita mágica para crear una selección de la zona intermedia. Con una nueva carpeta entre la de Receptores y Membrana se hizo una nueva capa normal y se procedió a pintar con el pincel común a 100 de densidad y sin estabilizador (0); se usó como base el tono verde más oscuro usado para el pintado de la sombra y se le disminuyo el brillo; en seguida con el lápiz en tono cian saturado, se dibujaron las líneas de los ácidos grasos más próximos a la vista del “corte” de la membrana; en una nueva colocada por debajo y usando un tamaño de lápiz menor, se dibujaron nuevos ácidos grasos para crear los que se encuentran en un segundo plano, y en otra capa por encima de la capa de color base, se dibujaron más ácidos, pero en esta ocasión se cambió el color por un tono verde oscuro más brillante que la capa base (esta última capa para crear profundidad); luego, se duplicó la capa de color base desde el menú de capas colocando por encima de los ácidos, pero se cambió el modo de fusión a Multiplicar y se disminuyó la opacidad al 67% para dejar ver el contenido de las capas anteriores, pero ahora en un tono verdoso.

Entonces, para dar mayor tridimensionalidad se dispuso de capas para luz y sombras; en la de luces se usó el marcador en el tono cian usado para las luces de los receptores, con una densidad al 60 y 0 de estabilizador, estas luces consistieron en un par de líneas gruesas a lo largo de los ácidos grasos, y se cambió el modo de fusión a Dodge dejando ver el contenido de las capas de abajo, sin perder el brillo de los colores usados y se bajó su opacidad al 75%. En la capa para sombras se trató de imitar las sombras que producirían las esferas de la superficie de la membrana, hacía la parte intermedia donde se encuentran los ácidos grasos; por lo que, usando un verde oscuro en un pincel de acuarela, con baja dureza y 4 de estabilizador, se pintó la parte baja de los lípidos imitando las sombras de una esfera, además se pintó la parte más cercana a las esferas de los ácidos grasos con el mismo pincel, pero con una densidad de 75; y se cambió el modo de fusión a Burn y reduciendo la opacidad al 50%.

En la Figura 62, se puede apreciar un detalle del coloreado de los ácidos grasos.

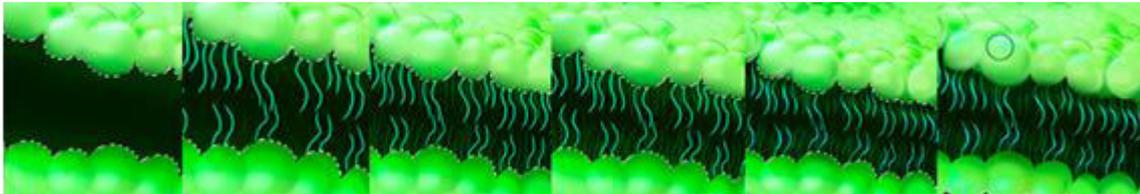


Figura 62. De izquierda a derecha los juegos de capas entre los ácidos grasos ayudan a dar profundidad.

Para el montaje de esta pieza se usó el proceso de cambio de extensión para Photoshop como se trabajó en las anteriores obras; una vez abierto en el nuevo programa, se procedió a copiar la capa de color base, y transformar su tamaño a uno mayor por medio de “Transformación libre” colocando esta nueva capa por encima de los receptores originales. Así la nueva capa se volvió a duplicar y a ambas se les bajó saturación al 27%, a la segunda capa duplicada se le aplicó un desenfoque gaussiano de 6.5 píxeles de radio, y se cambió el modo de fusión a Trama para dejar visibles las capas inferiores, para lograr un efecto de doble capa en los receptores como se trabajó en la Pintura III. Estas capas se colocaron en un grupo nuevo por encima del resto de carpetas; por encima de ellas se hizo una capa nueva en tono cian claro y pulsando tecla Alt + el icono de máscara vectorial,

se ocultó la capa y se creó una máscara nueva; después usando la herramienta pincel en color negro se descubrieron algunos trazos de la capa oculta formando nuevos destellos de luz sobre los receptores y se bajó la opacidad de los trazos a 27%; en seguida incorporaron dos elementos creados para la pintura II, las proteínas transportadoras, de donde para acoplarlas a los tonos fríos de esta obra, se cambiaron los colores usando el menú de imagen, después eligiendo en el menú de ajustes la opción Tono/Saturación, luego “Colorear” para cambiar los colores de la imagen de acuerdo al color deseado, o cambiar la saturación del tono y su luminosidad.

Una vez con el cambio a paleta de color de las proteínas, por tonos magentas y azules se transformaron para acoplarlos a los receptores; primero se les cambió el tamaño y el ángulo con “Transformación Libre” y se posicionaron sobre algunos receptores. Las capas que contenían las proteínas se posicionaron en la carpeta de receptores, por encima de todas las capas, pero al quedar debajo de las capas de receptores -modificadas al inicio de la edición-, las proteínas quedaron encapsuladas entre este grupo de capas. Luego, con las proteínas acomodadas y el borrador con dureza 0, se borraron algunas partes de las proteínas, para simular que atraviesan hacia la parte interna de la neurona; en algunas ocasiones se requirió la duplicación de capas para reforzar los colores frente a las capas de los receptores. En las Figuras 63 y 64 se muestran los procesos descritos.

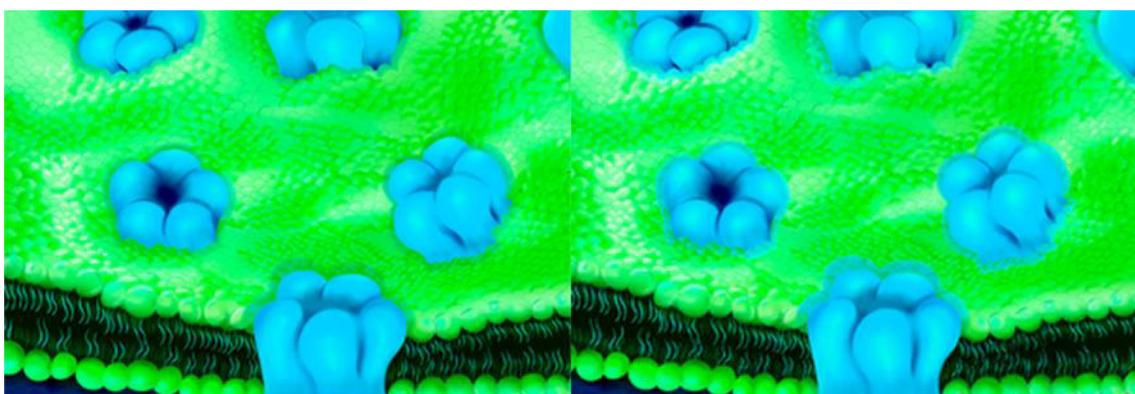


Figura 63. Como se puede apreciar en la capa de la izquierda, una sola capa no bastaba para lograr que el color sobresalga de los fondos, como sí se distingue el azul en la derecha.

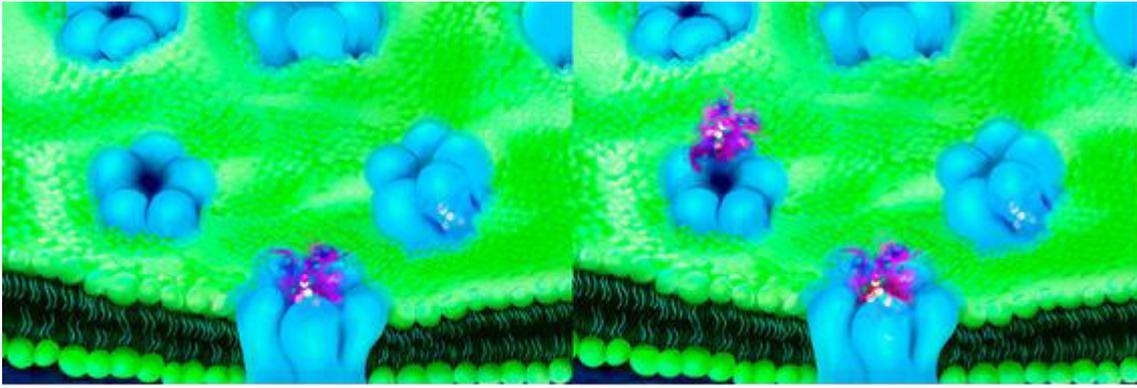


Figura 64. En la imagen de la izquierda se observa el acomodo de las proteínas, mientras que en la imagen derecha también se puede notar correcciones de color para resaltar las proteínas del fondo.

Para finalizar la edición e integrar en un solo ambiente de luz a todos los elementos, se hicieron varias capas de degradados con distintos modos de fusión, colocados arriba de la carpeta de receptores, pero por debajo de las capas de receptores duplicadas, para no perder su color con el de los degradados. La primera capa se hizo usando la opción de degradado radial, usando para el degradado un verde claro y negro; el degradado se hizo comenzando en verde de la esquina superior izquierda siguiendo en diagonal hasta la esquina inferior derecha, después en este degradado se cambió la opacidad a 24% y un modo de fusión “Luz Fuerte” el cual técnicamente explica Fabara (2018): *“Esta es una mezcla entre los modos de fusión de ‘Sobreexposición lineal’ y ‘Subexposición lineal’ dividido a la mitad. Los tonos son aplicados de manera más drástica sobre la imagen”* (s/pág.). Continuando, se usó un elemento de la Pintura III, con algunos cambios en color usando el mismo método que con las proteínas; En este caso se trató de la capa creada para el fondo rojo, con el mismo elemento que se representó en la pintura de Espacio Sináptico, pero con una paleta de color diferente. Para finalizar se usaron dos nuevas capas de degradado en tonos magentas y verdes, con el mismo estilo radial, en sentido contrario al primer degradado, dejando el espacio más luminoso hacia la zona izquierda de la pintura, al segundo degradado se le cambió la fusión de capa a Luz Suave con opacidad a 46%, al tercer degradado se bajó la opacidad al 13%, y su modo de fusión se dejó normal. En las Figuras 65 a 68, se muestran los cambios de luz dados por las capas de degradados y la capa duplicada de la Pintura III.

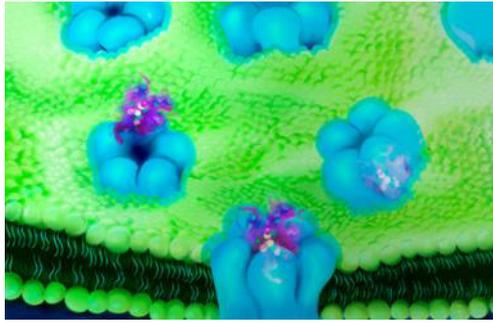


Figura 65. Degradado 1

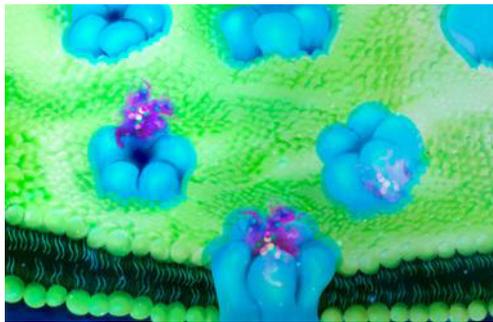


Figura 66. Degradado 2.

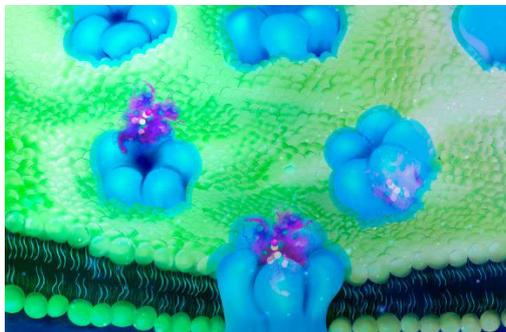


Figura 67. Degradado3.

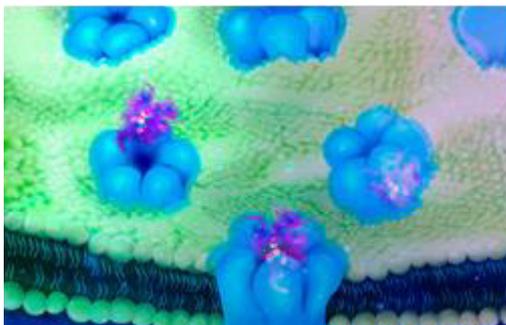


Figura 68. Degradado 4.

2.3 Montaje.

En este apartado, se realiza una consideración de aspectos para exhibir la serie de pinturas científicas digitales, en modalidades de impresión, proyección, y en espacios de galería llamados cubos negro o blanco.

Al tratarse de un proyecto que busca la reivindicación de la pintura, como una parte importante de la representación artística en la divulgación científica; y a la vez, el hacer un énfasis en la evolución de ésta, adaptada a las nuevas tecnologías como en el caso de la pintura digital; se tiene que la serie pictórica fue realizada sobre un modelo RGB dentro de la teoría del color; este modelo de color posee una amplia gama de tonos dentro de un software tradicional de dibujo, por lo cual se pueden crear obras de colores muy vibrantes y llamativos para el espectador; cualidades que lo han convertido en el modelo predilecto para la realización de obras visuales en formato digital; por otra parte, se tiene que los colores RGB son obtenidos por la combinación de ondas de luz emitidas por una fuente luminosa llamada síntesis aditiva, implicando imprecisiones en los colores al momento de procesar la imagen para realizar una impresión -que utiliza un modelo con síntesis sustractiva⁷⁴ CMYK-; y por lo tanto, también se verá afectada la apreciación final de la obra en un formato impreso.

Debido a estos posibles cambios en el formato impreso, se tiene la siguiente afirmación: “... *este sistema tiene también algunos defectos, principalmente la dificultad para reconocer el color azul y algunos problemas con los rojos oscuros*” (imprensa & Punto, 2014, s/pág.), por lo que se recomienda en la exhibición de las obras para este proyecto, el uso de pantallas o proyectores; presentación que además refuerza el concepto de una obra digital, presentada en un soporte ad-hoc a este contenido, argumentado como sigue:

La imagen digital es información contenida en un soporte material. El soporte material no es el bien en sí mismo, no se identifica con la cosa misma, sino es simplemente eso: un contenedor del valor cultural inmaterial. El soporte es

⁷⁴ Respecto de las formas en que se obtiene la visualización de un color se tiene que: “*Cuando hablamos de síntesis sustractiva, nos estamos refiriendo a la obtención de colores por mezclas de pigmentos*” (Álvarez, 2014, s/pág.).

materia, sufre obsolescencia. En cambio, la imagen impresa, representación de la imagen digital, es materia; con todas sus consecuencias.” (García & Gutiérrez, 2013, pág. 5).

Hoy en día, se puede disponer que tanto las pantallas como los proyectores, gozan de tecnología de última generación permitiendo disfrutar de contenido digital, en una alta calidad de resolución, que incluso lleva este arte fuera de las galerías y museos para hacerlos accesibles a un público mayor, como se sentencia: *“Es una excelente manera de democratizar el arte haciéndolo accesible para todos”*. (Textel, 2020, s/pág.). Siguiendo y en un ejemplo acerca del uso de nuevas tecnologías en exposiciones artísticas, se tiene a Van Gogh Alive que se describe: *“La instalación cuenta con más de 120 proyectores en tiempo real que reflejan más de 300 mil imágenes, entre pinturas y cartas”* (Leñero, 2020, s/pág.), exposición que clarifica que la pintura vista desde un ambiente digital, puede ser capaz de cambiar por completo la experiencia de la pintura clásica.

Ante el breve análisis en la presentación pictórica en digital y que se antepone a un formato impreso, es conveniente hablar sobre el entorno en que la presentación artística se desarrolla, y el papel que el ambiente juega en la completa inmersión del público. Dentro del campo museográfico se tiene al concepto del cubo blanco, que de acuerdo con Cano (2019) se punta: *“había sido concebido como la extracción de la arquitectura de la escena para una mejor comunicación entre el arte y el espectador”* (s/pág.), con ello se capta que el espacio de exhibición se conciba como un lugar en el que la obra de arte, sea el centro de toda la atención, libre de cualquier contexto y tiempo, regularmente salas blancas, con poco o nada de mobiliario. Con el tiempo, las maneras de hacer arte se diversificaron, y el clásico cubo blanco no fue suficiente para lograr la inmersión del espectador; con la introducción del videoarte y de las proyecciones a las salas de los museos en los años sesenta, la llamada caja negra comenzó a compartir los espacios del cubo blanco; sin embargo, esta idea ya venía siendo utilizada por otra disciplina artística, el teatro: *“misma «neutralidad» sería conferida al espacio teatral, en el que la caja negra se consolidaría como el dispositivo idóneo para eliminar cualquier referencia al mundo exterior que pudiese distraer a los espectadores”* (Centro de arte dos de Mayo.Comunidad de Madrid., 2014, s/pág.). entonces con ello, se encamina la

exposición pictórica hoy día, a nuevas formas de presentación de obras que atienden a las necesidades de estas. En este proyecto de arte pictórico digital, se ha decidido considerar el uso de la caja negra como ambiente expositivo, justificadamente en el hecho para su lucimiento, al ser emitidas por fuentes luminosas, ya que los espacios con demasiada luz, y las pinturas digitales -en este caso-, ajenas a dichas fuentes de iluminación ambiental, dificultarían su apreciación perdiendo toda intensidad de inmersión.

Resultados en lo pictórico digital.

A continuación, se muestra el resultado de cada obra pictórica digital, más la explicación del momento representado en el proceso sináptico; tratando de transmitir entre ambos recursos, información para un público no especializado en el tema. Las pinturas digitales aparecen en su orden de desarrollo y con la metodología que abarca desde las estructuras a nivel celular, hasta los neurotransmisores como formas más pequeñas incluidas en estas representaciones pictóricas:

- Pintura I. Neurona. Unidad celular más conocida dentro del Sistema Nervioso (Ilustración 1).
- Pintura II. Uniones neuronales. Partes de la Neurona: dendritas y terminales axónicas por ellas entran y salen los neurotransmisores desde otras neuronas (Ilustración 2).
- Pintura III. Espacio Sináptico. Espacio existente entre una neurona y otra (Ilustración 3).
- Pintura IV. Receptores. Estructuras que reciben a los neurotransmisores provenientes de otra neurona (Ilustración 4).

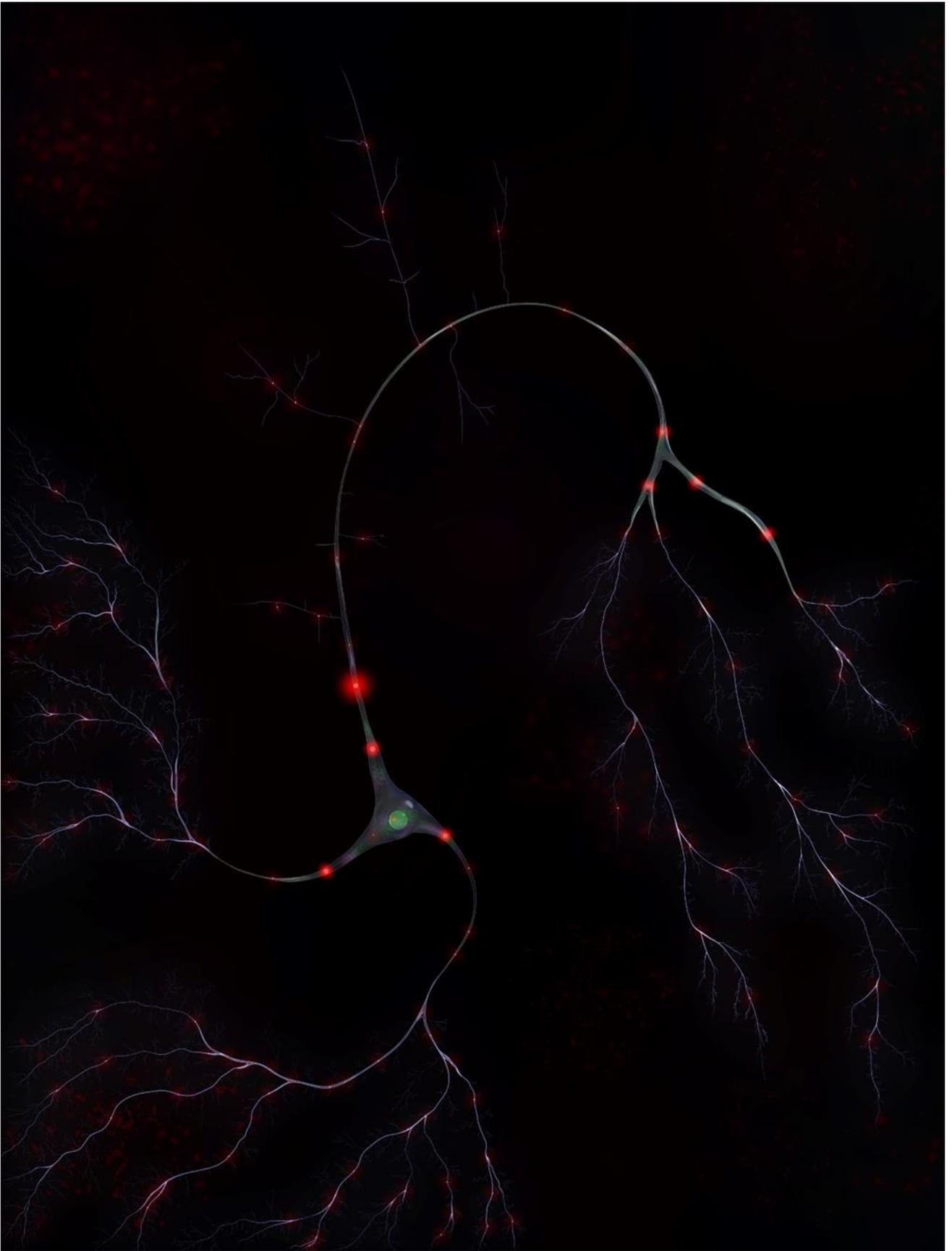


Ilustración 1. Neurona (200 cm. x 150 cm.)

Ilustración 1. Pintura científica digital que muestra a la célula principal del sistema nervioso: la neurona; los puntos de luz son descargas eléctricas llamadas “Potenciales de Acción”, los cuales circulan a través del cuerpo neuronal, provocando que se abran los canales que permiten el paso de información de una neurona a otra, para desencadenar una acción o estímulo, en el centro de la neurona (en verde) se observa el núcleo de la neurona.

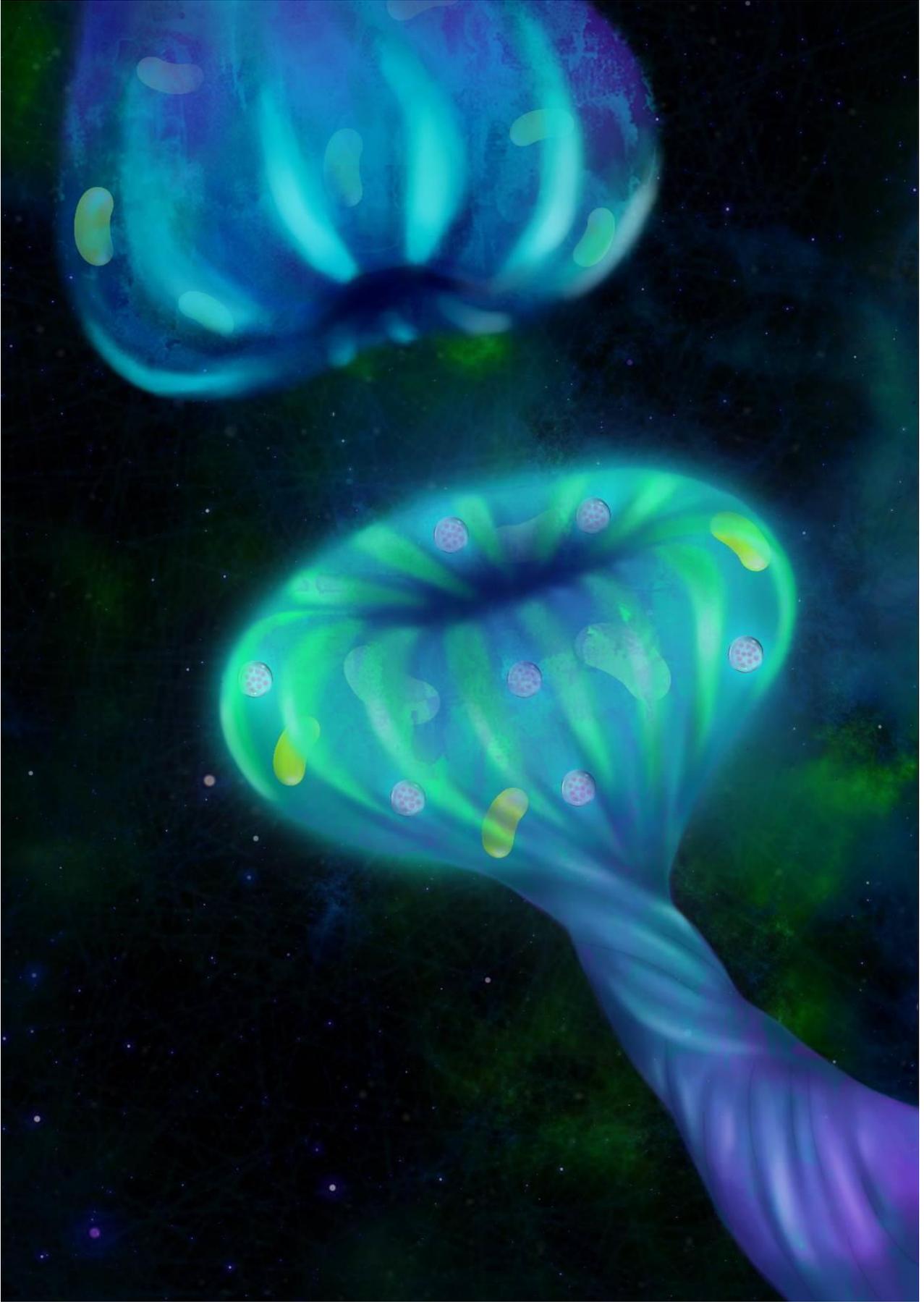


Ilustración 2. Uniones Neuronales (200 cm. x 140 cm.)

Ilustración 2. Esta pieza expone la salida conexión de una neurona, en su derecha: Terminal axónica; y la entrada de otra, izquierda: Dendrita; por ellas salen los neurotransmisores -puntos dentro de las esferas-, responsables de la transmisión de información entre neuronas. Las formas de vaina son mitocondrias las cuales se encargan de proveer energía a las células neuronales o de otro tipo.

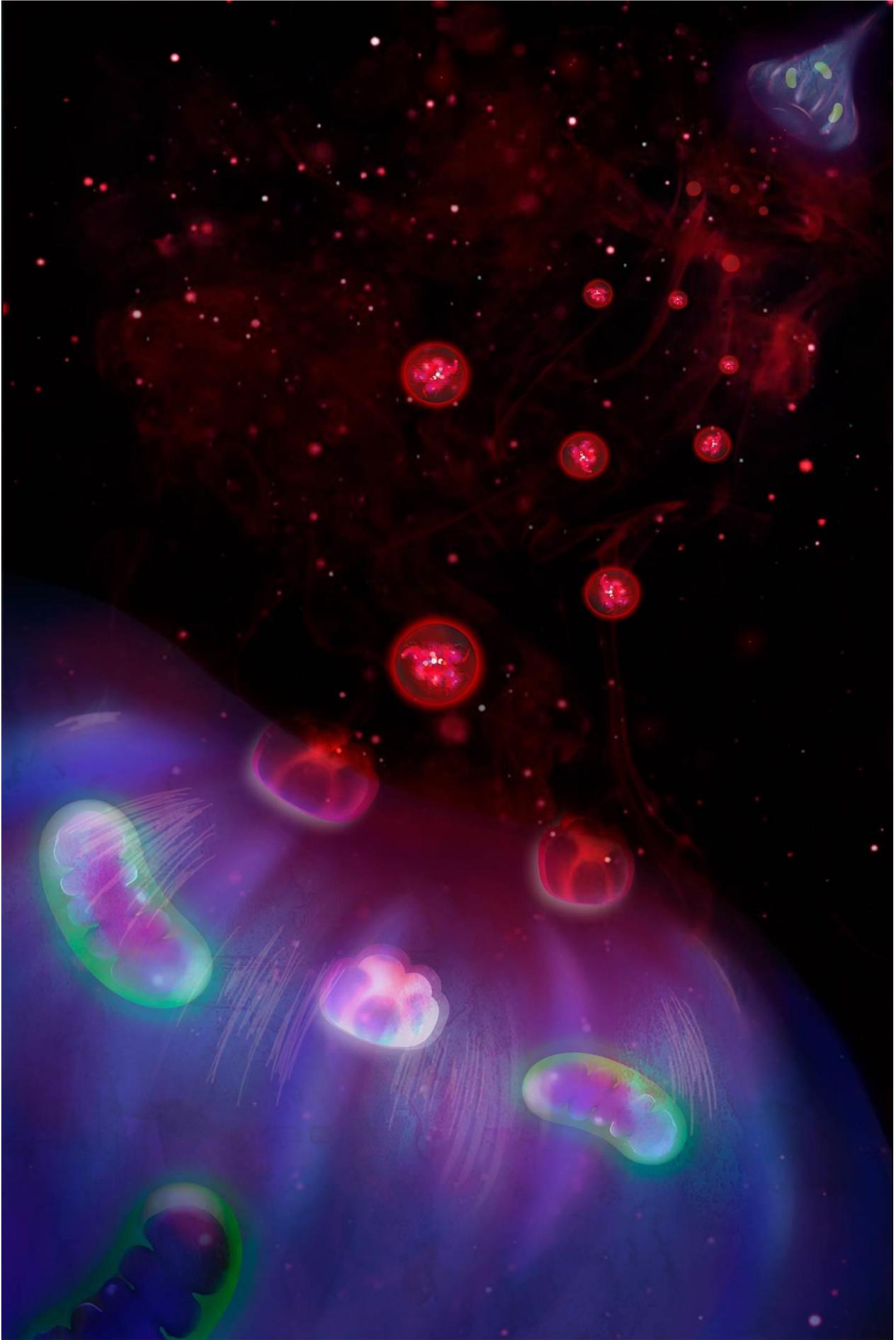


Ilustración 3. Espacio Sináptico (220 cm. x 140 cm.)

Ilustración 3. En la pintura digital, el espacio sináptico es la separación existente entre dos neuronas, una vez que el potencial de acción ayuda a abrir los canales de la neurona, los contenedores de neurotransmisores se adhieren a las salidas de la neurona y liberan los neurotransmisores a través de este espacio.

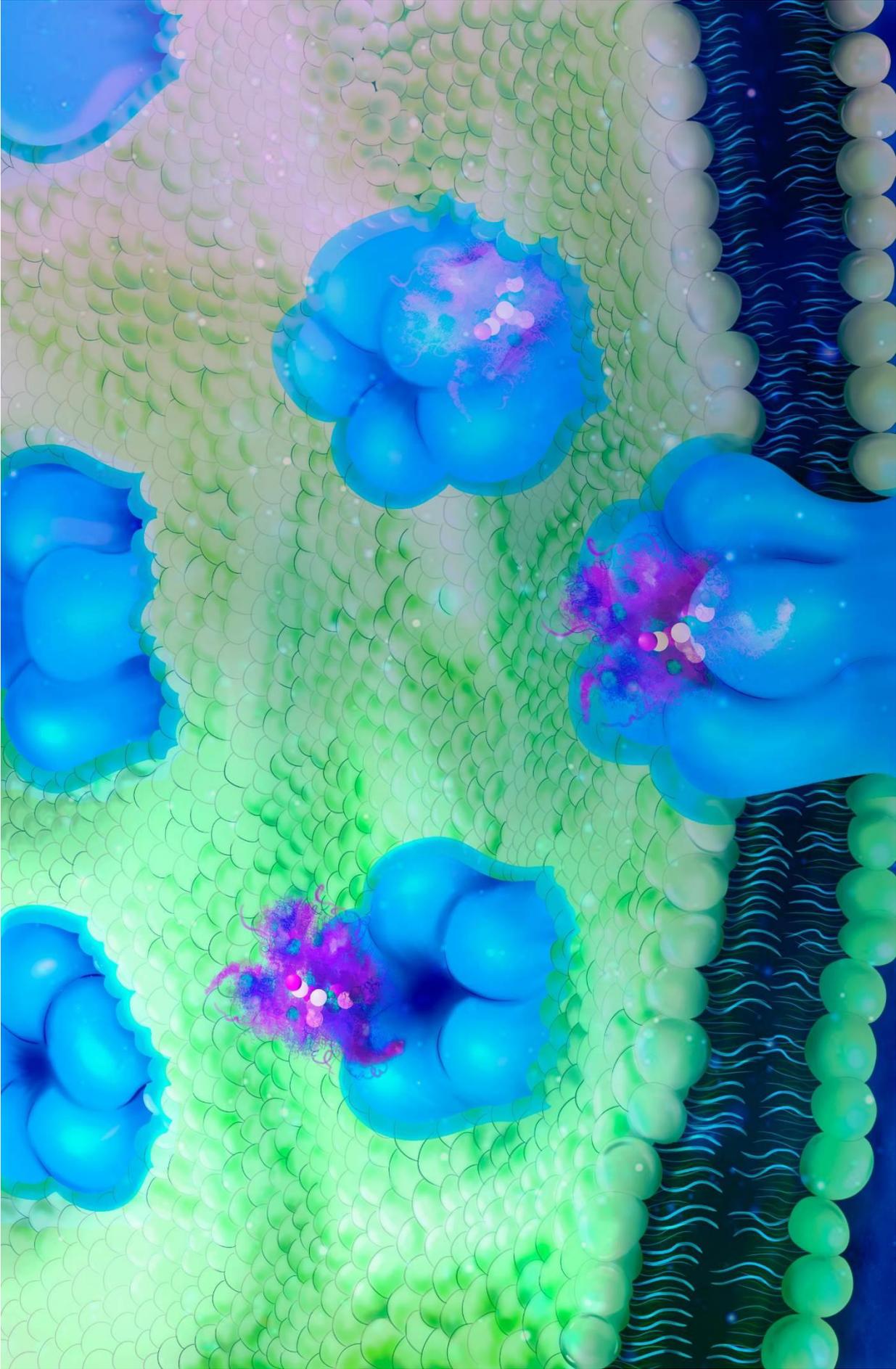


Ilustración 4. Receptores (122cm. x 80 cm.)

Ilustración 4. En dicha pieza artística, los receptores se encuentran ubicados en la membrana de la neurona post sináptica, y su principal función es la recepción de los neurotransmisores de la neurona presináptica. Existen distintos tipos de neurotransmisores y de la misma forma, los receptores solo pueden recibir aquellos que identifican. En la Pintura mostrada los receptores observados son para el neurotransmisor conocido como ácido gamma-aminobutírico (GABA).

Conclusión.

En el desarrollo de esta serie de pinturas digitales, se comprendió que el arte científico tiene características particulares más allá de una estética visual, y que le catalogan en este rubro como tal; ante ello, en el proceso de creación a partir de un dibujo científico, se debe tener presente lo que define al tipo de representación, en otras palabras, que tenga un valor cognitivo, que busque la universalidad en una correspondencia con la realidad. De este proceso y de la investigación inherente, se comprende que los atributos conferidos a una obra, como parte de la ciencia, merman el alcance receptivo en públicos no entendidos o limitados. Una sociedad moderna debe tener entendimiento de la ciencia, por ello, el arte es una herramienta divulgativa que posibilita el acceso del conocimiento a cualquiera integrante de la sociedad; el transformar el conocimiento surgido de la investigación, a un material de aprendizaje por medio de la transposición didáctica, incumbe también a los desarrolladores de arte -y del digital-, en especial aquellos que trabajan dentro de la creación de contenido educativo. El artista digital debe aprender a comunicar ideas complejas de manera sencilla, lograr que el espectador entienda una idea, y le disfrute y despierte su curiosidad al tema científico.

Lo anterior señala que el arte al servicio de la ciencia no significa la subordinación del artista, sino por el contrario, éste colabora al poner sus habilidades para una interpretación correcta de los fenómenos visuales que no pueden ser obtenidos por otros medios, de esta forma arte y ciencia se convierten en aliadas. Los artistas deben comprender sobre la adaptabilidad de la amplia gama de técnicas de representación, el conocer en lo posible el tema a representar, dará una mejor idea de la técnica más apropiada para hacer un proyecto interesante al espectador; la investigación es fundamental para el arte de ciencia; en consecuencia, el estudio del público objetivo siempre será obligatorio para el creador, el saber si un proyecto de imágenes de ciencia, va dirigido a académicos o población escolar en sus distintos niveles, determinará el resultado visual, aunque se trate un mismo tema.

En la cuestión técnica, indispensable será conocer las interfaces de los programas de arte digital, el equipo computacional pertinente que les puede operar, el tener conciencia de las limitaciones en la ejecución de proyectos; así como el hecho en la

actualización constante de los equipos, se transfiere al conocer la herramienta de trabajo y sus ventajas; sumado a que la ejecución y culminación de la serie pictórica no habría sido posible sin un periodo de investigación científica previa, amén del perfil logrado como artista digital, donde se procedió a la familiarización con ciertos términos para evitar limitaciones no obstante que la recopilación de información tomó más tiempo del previsto, situación a considerar en proyectos futuros similares.

Cabe destacar que la implementación de flujos de trabajo para el proyecto artístico digital, mejoró la organización de las carpetas de trabajo, dentro del software empleado, así como en los archivos generados, además permitió la investigación de conceptos que fueron apareciendo en la ejecución y que no se tomaron en cuenta a la hora de la investigación general.

Sobre la elección de dos softwares distintos para el trabajo, se motiva a que en Photoshop trabajar desde 0 el dibujo, el manejo de su interfaz para mezclar tonos de color y modificar los pinceles, requiere mayor eficacia -en resultado visual-, lo cual resta tiempo y vuelve más rígido el flujo de trabajo; Easy Paint Tool Sai permite traspasar la información sin pérdida de capas entre programas lo que agiliza la edición; sin embargo, el mayor conflicto en la elección de la interfaz última mencionada, se dio en la búsqueda de información acerca del programa mismo y su documentación, la cual fue principalmente a través de los mismos usuarios del programa, quienes dedican blogs y vídeos para hablar de las herramientas y el uso de la interfaz.

Como problemática recurrente en esta serie pictórica, inherente al uso de software, fue la ralentización de la interfaz, debido al gran formato en las imágenes y al exceso de elementos y efectos utilizados en cada pintura, el prevenir la pérdida de información, el guardado constante y la unión de las capas con elementos similares, fue crucial. Otro obstáculo por mencionar y tomar en cuenta en el trabajo digital, es el aprender a adaptarse a las herramientas ofrecidas por los dos programas, que a pesar de que puedan realizar acciones similares la manera de llegar a mismo resultado puede cambiar.

Hay que enfatizar que el tiempo de ejecución de cada pintura, desde su etapa de bocetaje varió mucho ya que dependió de los detalles particulares respectivamente; en la

pintura I, el delineado fue el proceso más elaborado llevándose una semana para su conclusión. Para la pintura II, el coloreado artístico por medio de muchas capas finas de difuminado, y su integración entre ellas, fue lo que prolongo la concreción, invirtiendo así, 3 semanas considerando la edición correspondiente. En la pieza III, la investigación y creación de elementos independientes se extendió por un tiempo de casi dos meses para su realización. En la Pintura IV, receptores tomo un tiempo total de 2 meses, lo que las obras 3 y 4 son las de proceso más largo, con los detalles en la aplicación de color para las esferas que componen la membrana; agregando las limitaciones de la versión de prueba de Paint Tool Sai solo es vigente por un mes, por lo que ello aceleró el resolver en el tiempo dispuesto.

Del subtema Montaje del proyecto, se define considerando que el principal objetivo, es la divulgación, la obra digital en sí permite un mayor alcance de visualización, ya que puede presentarse en varios sitios a distancia de manera simultánea, y la obra no corre el riesgo de dañarse en el traslado como podría ser en una pintura tradicional.

Glosario

Alfabetización científica: Se refiere a la apropiación de conocimientos, habilidades y actitudes básicos respecto de la ciencia, la tecnología y sus relaciones con la sociedad, que permita a las y los ciudadanos comprender los efectos de las tecnociencias en sus vidas y en el medio ambiente, a fin de que puedan tener una participación responsable en los debates y la toma de decisiones acerca de los asuntos importantes de sus vidas y su sociedad. (Losada, 2010, s/pág.).

Código Binario: Sistema de representación de textos, imágenes o vídeos de los que se valen los ordenadores o las computadoras para procesar instrucciones. Para que el código binario pueda llevar a cabo su función debe hacer uso del sistema binario, que es un sistema de numeración que posee únicamente los dígitos o bits cero (0) y uno (1), con los cuales se pueden representar infinidad de códigos. (Significados, 2018, s/pág.).

e-Ciencia Ciudadana: Se diferencia de sus formas de investigación previas además de por el uso de TIC, fundamentalmente por la incomparablemente mayor escala del acceso del público a este tipo de proyectos y, en consecuencia, del incremento de la participación pública. La eCC forma parte de lo que Tapscot y William (2006) han denominado Wikinomics: “*Millones de entusiastas de los medios usan actualmente blogs, wikis, chats y redes sociales para añadir sus voces a la vociferante corriente de diálogo y debate llamada la ‘blogósfera’*”. (Finquelievich & Fischnaller, 2014, pág. 13).

Histológica/o: Referente a la histología: rama de la biología que estudia la composición, la estructura y las características de los tejidos orgánicos de los seres vivos. La histología se relaciona estrechamente con la anatomía microscópica, pues su estudio no se detiene en los tejidos, sino que va más allá, observando también las células interiormente y otros corpúsculos, relacionándose con la bioquímica y la citología. (EDUCALINGO, 2019, s/pág.).

Neurología: es la rama de la medicina encargada del estudio del sistema nervioso. Es un área del conocimiento muy compleja ya que se trata del principal sistema encargado del control del funcionamiento de los demás sistemas, además de las actividades

relacionados con el procesamiento de la información y el relacionamiento con el entorno. (Andrade, 2009, s/pág.).

Procesos de aprendizaje: Son el resultado de procesos cognitivos individuales mediante los cuales se asimilan informaciones (hechos, conceptos, procedimientos, valores), se construyen nuevas representaciones mentales significativas y funcionales (conocimientos) que luego se pueden aplicar en situaciones diferentes a los contextos donde se aprendieron. (Pere, 2011, s/pág.).

Anexo. Sistema Nervioso y Sinapsis.

Sistema Nervioso: Es la red de tejidos que se encarga de captar y procesar señales para que el organismo desarrolle una interacción eficaz con el medio ambiente. [...] Cumple con tres funciones. La sensitiva está dada por la capacidad de sentir los estímulos [...], la función integradora se encarga de analizar dichos estímulos, almacenar información e impulsar una decisión al respecto. La función motora, por último, es la respuesta a los estímulos a través de un movimiento muscular. (Pérez, 2011, s/pág.).

Neurona: Es la unidad básica del sistema nervioso. Es una célula especializada del conductor que recibe y transmite impulsos de nervio electroquímicos. (Mandal, 2019, s/pág.).

Soma: El soma o cuerpo de las neuronas puede ser muy variable, pudiendo tener forma piramidal, esférica, estrellada, fusiforme o en cesta. El tamaño medio de un soma neuronal es de unas 20 μm , aunque puede variar bastante dependiendo del tipo de neurona. (Megías, Molist, & Pombal, Atlas de Histología Vegetal y Animal, 2018, pág. 1).

Orgánulo: Un organelo u orgánulo es una estructura subcelular que lleva a cabo uno o más trabajos específicos en la célula, al igual que un órgano lo hace en el cuerpo. Entre los organelos celulares más importantes están los núcleos, los cuales almacenan la información genética; las mitocondrias, que producen energía química y los ribosomas, que ensamblan las proteínas. (Ghal, s.f., s/pág.).

Núcleo: En donde se halla la información genética de la neurona, suele ocupar una posición central y muy visible en la misma, sobre todo en los ejemplares más jóvenes. (Raffino, 2018, s/pág.).

Nucléolo: El nucléolo es la estructura del interior del núcleo [...]. Es el lugar donde se sinteriza la mayor parte del ARN ribosómico y donde se ensamblan las subunidades ribosómicas. (Depto. de Biología Funcional y Ciencias de la Salud, 2017, s/pág.).

ARN (ácido ribonucleico): El ácido ribonucleico (ARN) es una molécula similar a la de ADN. A diferencia del ADN, el ARN es de cadena sencilla. Una hebra de ARN tiene un

eje constituido por un azúcar (ribosa) y grupos de fosfato de forma alterna. Unidos a cada azúcar se encuentra una de las cuatro bases adenina (A), uracilo (U), citosina (C) o guanina (G). Hay diferentes tipos de ARN en la célula: ARN mensajero (ARNm), ARN ribosomal (ARNr) y ARN de transferencia (ARNt). Más recientemente, se han encontrado algunos ARN de pequeño tamaño que están involucrados en la regulación de la expresión génica. (Biesecker, s.f., s/pág.).

Dendritas: Son el principal elemento de recepción de información de las neuronas. El término dendrita proviene del griego “dendron”, que significa árbol. Este aspecto de ramas hace que para referirse al conjunto de dendritas de una neurona se hable de árbol dendrítico. (Megías, Molist, & Pombal, Atlas de Histología Animal y Vegetal, 2017, pág. 1).

Axón: Proceso tubular que puede alcanzar distancias considerables, actúa como la unidad conductiva de la neurona. (Tresguerres, 2005, pág. 36).

Espinas dendríticas: Las espinas dendríticas son estructuras dinámicas cuya cantidad y forma varía en función de los estímulos recibidos y el desarrollo neuronal. Lo cual las convierte en unas piezas clave dentro de la plasticidad, de la capacidad adaptativa que tiene el sistema nervioso. [...] Las espinas dendríticas funcionan como otro nivel más de regulación de los contactos sinápticos entre células y la transmisión de información de unas a otras. (Barrecheguren, 2018, s/pág.).

Terminales axónicas o sinápticos: Constituyen los elementos de transmisión de la neurona. A través de ellos, la neurona contacta y transmite información a la zona receptiva de otra neurona, o de la célula efectora. (Tresguerres, 2005, pág. 36).

Glía: Es el grupo de células del sistema nervioso más abundante en el cerebro. [...] Participa en la formación, operación y modulación de los circuitos sinápticos. Todas las células nerviosas que no producen potenciales de acción están agrupadas en lo que se conoce como glía (del griego glía “*unión o pegamento*”). (Reyes, Bulavina, & Pivneva, 2014, pág. 12).

Sinapsis: Conexión entre neuronas. (Tresguerres, 2005, pág. 65).

Potencial de acción: La onda o descarga eléctrica que surge del conjunto de cambios que sufre la membrana neuronal debido a las variaciones eléctricas y la relación entre el medio externo e interno de la neurona. [...]Provocando la emisión de neurotransmisores o iones a la membrana de la neurona post-sináptica, generando en ella otro potencial de acción que a la larga acabará llevando algún tipo de orden o información a algún área del organismo. (Catillero, s.f, s/pág.).

Canales iónicos neuronales: Son complejos proteicos, localizados en las membranas celulares, que regulan procesos vitales como los latidos del corazón o la transmisión de señales entre neuronas. (Aso, (s.f.), s/pág.).

Neurotransmisores: Son sustancias químicas creadas por el cuerpo que transmiten señales (es decir, información) desde una neurona hasta la siguiente a través de unos puntos de contacto llamados sinapsis. Cuando esto ocurre, la sustancia química se libera por las vesículas de la neurona pre-sináptica, atraviesa el espacio sináptico y actúa cambiando el potencial de acción de la neurona post-sináptica. (García J. , (s.f.), s/pág.).

Neuroreceptor: son complejos proteicos, es decir, están formados por proteínas, y están ubicados en las membranas celulares de la neurona. Durante la neurotransmisión los productos químicos que se encuentran en el espacio intercelular, como los neurotransmisores, se encuentran con la membrana de la célula, a lo largo de la cual se encuentran los receptores neuronales. Cuando un neurotransmisor se tropieza con su receptor correspondiente, se unirán y generarán una serie de cambios en el interior de la célula. (Rovira, s.f, s/pág.).

Proteínas Transportadoras: Las proteínas transportadoras se encargan de acarrear sustancias desde y hacia el interior de las células. (CORDIS. Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo, 2010, s/pág.).

Vesículas: Bolsas membranosas que almacenan los neurotransmisores. (Kandel, Schwartz, Jessell, Siegelbaum, & Hudspeth, 2012, s/pág.).

Microtúbulos (transporte axonal): Forman parte del esqueleto de la neurona y también son responsables del transporte de moléculas a lo largo de axón. (Kandel et al. 2012, s/pág.).

Mitocondrias: Las mitocondrias son los orgánulos celulares que generan la mayor parte de la energía química necesaria para activar las reacciones bioquímicas de la célula. La energía química producida por las mitocondrias se almacena en una molécula energizada llamada trifosfato de adenosina (ATP). Las mitocondrias contienen su propio cromosoma (ADN). En general, las mitocondrias, y por lo tanto el ADN mitocondrial, sólo se heredan de la madre. (Ghal, s.f., s/pág.).

Exocitosis: Es el proceso por el cual la llegada de un estímulo eléctrico (despolarización) hace que una vesícula se fusione con la membrana presináptica, se abra y libere su contenido de neurotransmisores en la hendidura sináptica. (Kandel et al. 2012, s/pág.).

Bibliografía.

- Adobe. (19 de Octubre de 2017). *Formatos de archivo*. Obtenido de helpx. Adobe:
<https://helpx.adobe.com/mx/photoshop/using/file-formats.html>
- Adobe. (13 de Julio de 2017). *Transparencia y opacidad*. Obtenido de Adobe:
<https://helpx.adobe.com/es/photoshop-elements/key-concepts/transparency-opacity.html>
- Adobe. (15 de Octubre de 2018). *Modos de fusión*. Obtenido de helpx.Adobe:
<https://helpx.adobe.com/mx/photoshop/using/blending-modes.html>
- Adobe. (12 de Abril de 2018). *Photoshop Elements Guía del usuario. Filtros de desenfoque*. Obtenido de hepax.adobe: <https://helpx.adobe.com/mx/photoshop-elements/using/blur-filters.html>
- Adobe. (15 de junio de 2020). *Estilos y efectos de capa*. Obtenido de helpx.adobe.com:
<https://helpx.adobe.com/mx/photoshop/using/layer-effects-styles.html>
- Adobe. (25 de Junio de 2020). *Opacidad y fusión de capas*. Obtenido de Adobe Photoshop Guía del Usuario: <https://helpx.adobe.com/mx/photoshop/using/layer-opacity-blending.html>
- Adobe. (s.f). *¿Qué es Creative Cloud?* Obtenido de Adobe.com:
https://www.adobe.com/mx/creativecloud.html?sdid=KQPRR&skwcid=AL!3085!3!442675036042!b!!g!!adobe%20gratis&mv=search&ef_id=Cj0KCQjwutaCBhDfARIsAJHWnHuh4FI-kDSeHTKPSji3y19kallk_Rq0aiip3HTB7_e1ljnrbJn7QaAvZYELw_wcB:G:s&s_kwcid=AL!3085!3!442675036042!b!!
- Almaraz, N. (7 de enero de 2011). *Combinar colores con el Circulo Cromatico*. Obtenido de Profesional del color:
https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/lic/MEL/DD/AM/02/Combinar_colores.pdf
- Almonacid, C. (Diciembre de 2012). *Descripción del modelo de color HSL (Hue, Saturation, Ligthness)*. Universidad Autonoma de Madrid, Madrid, España. Obtenido de http://guiadigital.uam.es/SCUAM/documentacion/pdfs_a_descargar/color.pdf
- Alvarez, M. (4 de Abril de 2014). *Síntesis Aditiva y Síntesis Sustractiva*. Obtenido de La Prestampa. Una trama para artes gráficas.: <https://laprestampa.com/el-proceso-grafico/disenio/sintesis-aditiva-y-sustractiva/#:~:text=La%20s%C3%ADntesis%20aditiva%20hace%20referencia,colores%20de%20las%20diferentes%20pantallas.>
- Andrade, M. (Marzo de 2009). *Ciencia. Neurología*. Obtenido de Definición ABC:
<https://www.definicionabc.com/ciencia/neurologia.php>
- Arnheim, R. (2011). *El poder del centro. Estudios sobre la composición en las artes visuales*. Madrid: Ediciones Akal, S.A.

- Aso, U. ((s.f.)). *Canales iónicos: qué son, tipos y cómo funcionan en las células*. Obtenido de Psicología y Mente: Recuperado de: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/canales-ionicos>
- Bahena, R., Flores, G., & Arias, J. (2000). Dopamina: síntesis, liberación y receptores en el Sistema Nervioso Central. *Revista Biomédica*, Vol.11(Núm.1), 39-60. doi:<https://doi.org/10.32776/revbiomed.v11i1.218>
- Barbé, K. (2018). *Diseña tus paletas de color para bordar*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.
- Barrecheguren, P. (27 de septiembre de 2018). *Neuropíldoras 14: las espinas dendríticas*. Obtenido de NAUKAS: <https://naukas.com/2018/09/27/neuropildoras-14-las-espinas-dendríticas/>
- BBC News Mundo. (3 de diciembre de 2019). *Fractales: qué son esos patrones matemáticos infinitos que se les llama "la huella digital de dios"*. Obtenido de elmostrador: <https://www.elmostrador.cl/cultura/2019/12/03/fractales-que-son-esos-patrones-matematicos-infinitos-a-los-que-se-les-llama-la-huella-digital-de-dios/>
- Bear, M. F. (2007). *Neurociencia. La exploración del cerebro* (3ra ed.). (X. U. Nuin, Trad.) Barcelona, España: Wolters Kluwer Health. Recuperado el 29 de Agosto de 2019, de file:///C:/Users/ad79618/Downloads/Bear_Mark_F_Neurociencia_La_Exploracion.pdf
- Berman, C. (s.f.). *Curso Photoshop CS6 Capítulo 3: Las Capas. Rasterizar Capas*. Obtenido de Cursos en HD: <https://www.cursosenhhd.com/tutorial/rasterizar-capas/#>
- Bertram, E. G. (1949). *x 90*. [figura]: recuperado de : BARR. El sistema nervioso humano. Una perspectiva anatómica.
- Biesecker, L. (s.f.). *ARN (ácido ribonucleico)*. Obtenido de NIH. National Human Genome Research Institute: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/ARN>
- Blanco, A. (2004). RELACIONES ENTRE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol.1(no.2), 70-86.
- Boddy-Evans, M. (31 de Octubre de 2019). *How to blend paint colors*. Obtenido de The spruceCrafts: <https://www.thesprucecrafts.com/how-to-blend-paint-colors-2578066>
- Boderías, R. (2010). Arte-Ciencia. ¿Expresión o instrumento? *Anales de Historia del Arte, Volumen Extraordinario*, 23-29.
- Camacho, M., Montesinos, M., Machado, J., & Borges, R. (2003). La exocitosis como mecanismo de comunicación neuronal. Una visión desde la célula cromafín. *Rev. Neurol*, 355-360.
- Cano, R. (22 de Enero de 2019). *Concepto de cubo blanco*. Obtenido de Eve Museos e Innovación Museológica: https://www.researchgate.net/publication/330564327_CONCEPTO_DE_CUBO_BLANCO
- Capital del arte. (25 de Julio de 2018). *Hiperrealismo*. Obtenido de Capital del arte. Fine Art Gallery: <https://www.capitaldelarte.com/hiperrealismo-o-superrealismo/>
- Carlson, G. (3 de febrero de 2020). *Biotech magize & news*. Obtenido de Descubren mitocondrias extracelulares como componente decisivo de la sangre:

<https://biotechmagazineandnews.com/descubren-mitocondrias-extracelulares-como-componente-decisivo-de-la-sangre/>

- Casasola, L. (s.f). *Ley del todo o nada: qué es y por qué es importante en neurología*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiymente.com/neurociencias/ley-del-todo-o-nada>
- Catillero, O. ((s.f)). *Potencial de acción: ¿qué es y cuáles son sus fases?*. Obtenido de Psicología y Mente: Recuperado 5,enero, 2020 de <https://psicologiymente.com/neurociencias/potencial-de-accion>
- Centro de arte dos de Mayo.Comunidad de Madrid. (27 de Marzo de 2014). *Caja negra/Cubo blanco*. Obtenido de CA2M: <http://ca2m.org/es/actividades-historico/item/1161-caja-negra-cubo-blanco>
- Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. (Enero/Junio de 2007). Las ilustraciones en los artículos científicos: reflexiones acerca de la creciente importancia de lo visual en la comunicación científica. *INVESTIGACIÓN BIBLIOTECOLÓGICA*, 21(42), 33-64. Recuperado el 2019
- Charli, J. L., & Joseph, P. (2007). *El cerebro, la comunicación intercelular y los péptidos*. Cuernavaca: Instituto de Biotecnología de la UNAM.
- Chejne, F. (2016). Una aproximación a la construcción de modelos matemáticos para la descripción de la naturaleza. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.*, 353-365.
- Chevallard, Y. (2000). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. (C. Gilman, Trad.) Buenos Aires: Aique.
- Chevallard, Y. (2005). *La trasposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado* (3° edición ed.). Buenos Aires, Argentina: Aique.
- ClipStudio. (17 de julio de 2019). *Funciones básicas de las capas para dibujo digital*. Obtenido de ClipStudioOficial: <https://tips.clip-studio.com/es-es/articles/1882>
- Coelho, F. (12 de Agosto de 2019). *Conocimiento científico*. Obtenido de Significados.com: <https://www.significados.com/conocimiento-cientifico/>
- Colectivo de Autores. (2004). *Pedagogía*. La Habana: Pueblo y Educación.
- CONABIO . (12 de 11 de 2019). *Ciencia Ciudadana*. Obtenido de Biodiversidad Mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/cienciaciudadana/>
- CORDIS. Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo. (23 de Abril de 2010). *EU-funded transporter protein study delivers a world first*. Obtenido de CORDIS. Resultados de Invetigaciones de la UE: <https://cordis.europa.eu/article/id/32018-eufunded-transporter-protein-study-delivers-a-world-first/es>
- Croft, G. et al. (2016). *Roseta Neuronal Humana*. [figura]: Recuperado de:<https://www.nationalgeographic.com.es/temas/neuronas/fotos/1/18>.
- De la Hoz, L., & Lahera, E. (2016). La Anatomía Humana en el arte de Leonardo da Vinci. *Acta Médica del Centro*, 75-77.

- De los Santos, A. (2016). *Fundamentos Visuales II*. Obtenido de www.anibaldesigns.com:
<https://docplayer.es/13145759-W-w-a-n-i-b-a-l-d-e-s-i-g-n-s-c-o-m-lateoria-del-color.html>
- de Pedro Robles, A. E. (Enero-Junio de 2009). El dibujo y las estrategias de la representación científica. *Co-herencia, Vol.6*(no.10), 11-28.
- Depto. de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. (2017). *Atlas de Histología Vegetal y Animal. El nucléolo*. Pontevedra: Universidad de Vigo.
- Díaz, M. (Enero-Junio de 2017). La geometría en la composición fotográfica. *Revista electrónica del laboratorio de pensamiento matemático de la normal para educadores de Guadalajara*(N° 6), 51-58.
- Díaz, P. (2018). *MANUAL CTO DE ENFERMERÍA 8ª EDICIÓN*. Madrid: CTO MEDICINA.
- Drachman, D. (2005). Do we have brain to spare? *Neurology*, 64(12), 2004-2005.
doi:10.1212/01.WNL.0000166914.38327.BB
- Duarte, A. (2015). Historia de la histología. *REV MED HONDUR*, 83(1 y 2), 77-81.
- Duque, J., Morales, G., & Duque, A. (1997). Las sinapsis. *Revista Medicina*(N° 46), 41- 48.
- Eccles, J. (1964). *Sinapsis Neuronales*. [figura]: Recuperado de:
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/58706914/Fisiologia_human_a_tresguerres_3_ED_2005.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DFisiologia_humana_tresguerres_3_ED.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential.
- EDUCALINGO. (Dic de 2019). *Histológico [en línea]*. Obtenido de Educalingo.com:
<https://educalingo.com/es/dic-es/histologico>
- Encina, I. (22 de Septiembre de 2017). *Los pinceles de Photoshop. Opacidad vs Flujo*. Obtenido de Iris Encina: [https://irisencina.com/los-pinceles-photoshop-opacidad-vs-flujo/#:~:text=la%20nueva%20pasada\)-,El%20flujo.,m%C3%A1s%20opacidad%20tendr%C3%A1n%20los%20pinceles](https://irisencina.com/los-pinceles-photoshop-opacidad-vs-flujo/#:~:text=la%20nueva%20pasada)-,El%20flujo.,m%C3%A1s%20opacidad%20tendr%C3%A1n%20los%20pinceles).
- Esperón, M. (Septiembre-Diciembre de 2012). Arte y estética en el proceso de creación científica. *La Ciencia y el Hombre. REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA*, XXV(3).
- Fabara, S. (7 de Noviembre de 2018). *Qué son y cómo usar los modos de fusión de capa en Photoshop: Grupo de contraste*. Obtenido de Xataka foto:
<https://www.xatakafoto.com/guias/que-como-usar-modos-fusion-capa-photoshop-grupo-contraste#:~:text=Luz%20fuerte%3A%20Esta%20es%20una,utilizar%20el%20modo%20'Superponer'>.
- Fabara, S. (30 de Marzo de 2020). *Así se pueden eliminar las dominantes de color en las fotografías con el modo de fusión 'Dividir'*. Obtenido de Xatacafoto:
<https://www.xatakafoto.com/trucos-y-consejos/asi-se-pueden-eliminar-dominantes-color-fotografias-conel-modo-fusion-dividir#:~:text=En%20este%20caso%2C%20el%20modo,se%20fusi%C3%B3n%20%2F%20capa%20de%20abajo>.

- Fernández, D. (Agosto de 2011). Microfluidos: nuevas fronteras. *Revista Cubana de Física*, Vol.28(No.1), 60-67.
- Fernández, Y. (10 de Marzo de 2021). *Memoria RAM: qué es, para qué sirve y cómo mirar cuánta tiene tu ordenador o móvil*. Obtenido de Xataka.com: <https://www.xataka.com/basics/memoria-ram-que-sirve-como-mirar-cuanta-tiene-tu-ordenador-movil#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20la%20memoria%20RAM,-La%20memoria%20RAM&text=Sus%20siglas%20significan%20Random%20Access,de%20sobremesa%20hasta%20tel%C3%A9fonos%20m%C3%B>
- Fernández, Y. (17 de Febrero de 2021). *Tarjeta gráfica: qué es, qué hay dentro y cómo funciona*. Obtenido de Xataka.com: <https://www.xataka.com/basics/tarjeta-grafica-que-que-hay-dentro-como-funciona>
- Figueroba, A. ((s.f)). *Catecolaminas: tipos y funciones de estos neurotransmisores*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/catecolaminas#:~:text=La%20dopamina%2C%20la%20adrenalina%20y%20la%20noradrenalina%20son%20las%20tres,amina%20en%20la%20cadena%20lateral>.
- Fina, B., Lombarte, M., & Rigalli, A. (2013). Investigación de un fenómeno natural: ¿Estudios in vivo, in vitro o in silico? *Actualizaciones en Osteología*, 9(3), 283-288.
- Finquelievich, S., & Fischnaller, C. (2014). Citizen science in the Information Society. New world trends. *Revista CTS*, 9(n° 27), 11-31.
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.
- Fuentes, J. (2015). *Dibujo digital*. Malaga: Universidad de Malaga.
- Fuentes, J. (2015). Dibujo Digital. *Innovaciones con tecnologías emergentes*, 1-10.
- García, J. ((s.f.)). *Tipos de neurotransmisores: funciones y clasificación*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/tipos-neurotransmisores-funciones>
- García, L., & Gutiérrez, V. (2013). La imagen digital. El valor de lo intangible. *ASRI. Arte y Sociedad. Revista de Investigación.*, 1-13.
- Garrido, E., Rebok, S., & Puig-Samper, M. (2016). El arte al servicio de la ciencia: antecedentes artísticos para la impresión total del paisaje en Alexander von Humboldt. *Dynamis*.
- Ghal, W. (s.f.). *Talking Glossary of Genetic Terms. Mitochondria*. Obtenido de NIH. National Human Genome Research Institute: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Mitochondria>
- Goodsell, D. (2021). Art as a tool for science. *Nat Struct Mol Biol* 28, 402-403. doi:<https://doi.org/10.1038/s41594-021-00587-5>
- Gran Diccionario de la Lengua Española. (2016). *Larousse Gran Diccionario*. Obtenido de Esumino: <https://es.thefreedictionary.com/esfumino>

- Grilli, J., Laxague, M., & Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Construir ciencia con y a partir de la imagen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol.12(no.1), 91-108.
- Grilli, J., Laxague, M., & Barboza, L. (2015). Dibujo, fotografía y Biología. Contruir ciencia con y a partir de la imagen. *La Ciencia ayer y hoy. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 91-108.
- Herrera, J. (2015). *Análisis de la composición cromática en el tejido residencial de la ciudad de Madrid*. (Tesis doctoral), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- imprensa & Punto. (4 de Julio de 2014). *Las diferencias de impresión entre los distintos modelos de color RGB y CMYK*. Obtenido de El blog de imprenta y punto: mprentaypunto.com/blog/las-diferencias-de-impresion-entre-los-distintos-modelos-de-color-rgb-y-cmyk#.YC83S-hKjIU
- Instituto Nacional del Cáncer. ((s.f.)). *Diccionario de cáncer: Neuroendocrino*. Obtenido de NIH Instituto Nacional del Cáncer.: cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/neuroendocrino
- Investigadores del CSIC. (2013). *Microscopia de cultivos de células neuronales*. Figura: Recuperado de: <https://rdcsic.dicat.csic.es/biologia-y-biomedicina-2/92-ofertas-tecnologicas/172-peptidos-neuroprotectores-contra-el-ictus>.
- Itten, J. (1992). *El Arte del color*. Mexico, DF.: Limusa.
- Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, T., Siegelbaum, S., & Hudspeth, A. (2012). *Principles of neural science*. (5th edition ed.). McGraw-Hill.
- Klein, J. (21 de Febrero de 2017). Santiago Ramón y Cajal, el hombre que dibujó los secretos del cerebro. *The New York Times*. Obtenido de <https://www.nytimes.com/es/2017/02/21/espanol/cultura/santiago-ramon-y-cajal-el-hombre-que-dibujó-los-secretos-del-cerebro.html>
- La Redacción. (21 de Octubre de 2019). El Premio Nobel de Física 2019: Cosmología física y exoplanetas. *La Union de Morelos*. Obtenido de <https://www.launion.com.mx/blogs/ciencia/noticias/149643-el-premio-nobel-de-fisica-2019-cosmologia-fisica-y-exoplanetas.html>
- Labajo, E. (2015- 2016). *El método científico. El método pericial*. Obtenido de ucm.es: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2016-02-17-El%20M%C3%A9todo%20Cient%C3%ADfico.pdf>
- Leñero, I. (17 de Octubre de 2020). "Van Gogh Alive. The experience" en México. Obtenido de Proceso: <https://www.proceso.com.mx/cultura/2020/10/17/van-gogh-alive-the-experience-en-mexico-251130.html>
- Llinás, R., Steinberg, I., & Walton, K. (1981). Relationship between presynaptic calcium current and postsynaptic potential in squid giant synapse. *Biophysical Journal*, 323-351.
- López, J. (7 de Enero de 2015). *Nanocrisales: así funciona la tecnología que quiere cambiar los televisores en 2015*. Obtenido de Xataka.com: <https://www.xataka.com/televisores/nanocrisales-asi-funciona-la-tecnologia-que-quiere-cambiar-los-televisores-en-2015>

- López, J., & Moreno, E. (2006). *La vida en la Tierra*. Obtenido de Museo Virtual de la Ciencia del CSIC: <https://museovirtual.csic.es/salas/vida/vida6.htm>
- Losada, C. (20 de Febrero de 2010). ¿Qué es la alfabetización científica? *Educación. Suplemento de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México*.(no.7).
- Mandal, A. (11 de 04 de 2019). *¿Cuál es el sistema nervioso?* Obtenido de News Medical life sciences: [https://www.news-medical.net/health/What-is-the-Nervous-System-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/What-is-the-Nervous-System-(Spanish).aspx)
- Marcos, A. (14 de Septiembre de 2019). *Lo que la naturaleza le debe a Alexander von Humboldt*. Obtenido de sinc: <https://www.agenciasinc.es/Reportajes/Lo-que-la-naturaleza-le-debe-a-Alexander-von-Humboldt>
- Marín, F. (s.f). *Paint Tool SAI: ¿El mejor programa para ilustradores?* Obtenido de CreativosOnline: <https://www.creativosonline.org/paint-tool-sai-el-mejor-programa-para-ilustradores.html>
- Marrero M. D., S. L. (2016). Las imágenes digitales como medios de enseñanza en la docencia de las ciencias médicas . *EDUMECENTRO*, 125-142.
- Martínez C. (2019). *lifeder*. Obtenido de lifeder.com: <https://www.lifeder.com/procesos-celulares/>
- Martínez, M., & Azkue, I. (2014). 3D Mapping. (*Tesina de Licenciatura*). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación, Pamplona, España.
- Mas, M. (4 de Junio de 2014). *Neuronas en crecimiento. Comprender el neurodesarrollo y los problemas neurológicos infantiles*. Obtenido de neuropediatra.org: https://neuropediatra.org/2014/06/04/sinapsis-neuronal/?fbclid=IwAR1WQIz_nGmq9sJnqXdLLF2IJtmZXoScWE9o2NeiOSdn4XsMNN82NkFVws
- MEDIAACTIVE. (17 de Abril de 2008). *Pinceles de Photoshop: Manual de Photoshop*. Obtenido de Desarrolloweb.com: <https://desarrolloweb.com/articulos/pinceles-de-photoshop.html>
- medvisuales. (1 de Septiembre de 2016). *Trazados y nodos para la ilustración vectorial*. Obtenido de Medios Visuales 3. Universidad el bosque: <https://medvisuales.wordpress.com/2016/09/01/trazados-y-nodos-para-la-ilustracion-vectorial/>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2017). *Atlas de Histología Animal y Vegetal*. Pontevedra: Facultad de Biología de la Universidad de Vigo. Obtenido de <http://webs.uvigo.es/mmegias/inicio.html>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2018). *Atlas de Histología Vegetal y Animal*. Pontevedra: Universidad de Vigo. Obtenido de <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/tipos-cel-neurona.pdf>
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2018). *Atlas de histología vegetal y animal. Tipos de celulares. Neurona*. Pontevedra. Obtenido de <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/tipos-cel-neurona.pdf>

- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2019). *Atlas de histología vegetal y animal. La célula*.
Obtenido de <http://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/1-introduccion.php>
- Merino, J., & Noriega, M. (2011). *Fisiología General:Tema 8 - Bloque II: Comunicación neuronal: Sinapsis*. Obtenido de opencourse ware:
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/879/course/section/967/Tema%25208-Bloque%2520II-Comunicacion%2520Neuronal%2520Sinapsis.pdf>
- Meseguer, J. (2014). *Arte y Ciencia: Consideraciones Artísticas sobre los Dibujos Histológicos de Santiago Ramón y Cajal. (Tesis Doctoral)*. Universidad de Murcia, Murcia, España.
- Mujica, A. (17 de Julio de 2020). *Crehana*. Obtenido de Pinceles para Paint Tool SAI: una guía con todo lo que necesitas saber.: <https://www.crehana.com/mx/blog/disenografico/pinceles-para-paint-tool-sai/>
- Muñoz, A. (21 de Julio de 2018). *¿Qué es Beta Testing?* Obtenido de Computer Hoy:
<https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/que-es-beta-testing-279233>
- Muriel, P. (2018). *Conceptos básicos en edición de imágenes digitales. VII Curso de Patología Digital*. Hospital Universitario Puerta del Mar Cádiz, Cádiz.
- Pastor, J. (2000). *Fundamentos biofísicos de la actividad neuronal. REV NEUROL*, 741-755.
- Pere, G. (9 de Agosto de 2011). *El Aprendizaje: Requisitos y factores. Operaciones Cognitivas. Roles de los de los estudiantes.* . Obtenido de peremarques.net:
<http://peremarques.net/actodidaprende3.htm>
- Pérez, J. &. (2011). *Definición de sistema nervioso*. Obtenido de Definición.de:
<https://definicion.de/sistema-nervioso/>
- Poto, D. (13 de Febrero de 2018). *¿Cómo ha cambiado la ilustración con los medios digitales?* Obtenido de Blogthinkbig.com: <https://blogthinkbig.com/evolucion-de-la-ilustracion-con-los-medios-digitales>
- Proyecto Explora- Los ríos. (19 de Agosto de 2019). *Felipe Serrano: de científico a ilustrador científico*. Obtenido de Los Ríos: <https://www.explora.cl/rios/felipe-serrano-de-cientifico-a-ilustrador-cientifico/>
- Raffino, M. (26 de Noviembre de 2018). *"Neurona"*. Obtenido de Concepto. de.:
<https://concepto.de/neurona/>. Consultado: 02 de junio de 2020.
- Ramón y Cajal, S. (s.f.). *Neurona Piramidal*. [figura]: Recuperado de:
<https://www.facebook.com/AcklandArtMuseum/photos/open-today-the-beautiful-brain-the-drawings-of-santiago-ram%C3%B3n-y-cajal-the-center/10157516812012985/>.
- Redondo, E. (2008). *Hacia un dibujo híbrido digital sketch. Explorando los límites del dibujo arquitectónico para la in/re novación pedagógica*. (Vol. V.3.0). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Reyes, D., Bulavina, L., & Pivneva, T. (Abril-Junio de 2014). *La glía, el pegamento de las ideas. Ciencia*, 12-18.

- Rodríguez, A. (13 de Junio de 2018). *¿Qué es y para qué es útil la cristalografía de proteínas?* Obtenido de ACS. Chemistry for life: <https://www.acs.org/content/acs/en/acs-webinars/spanish/cristalografia-proteinas.html>
- Rovira, I. ((s.f)). *Receptores neuronales: qué son, tipos y funcionamiento*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiymente.com/neurociencias/receptores-neuronales>
- Ruiz, C. (s.f). Dibujar para diseñar. *Grado de diseño*. Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona.
- Selva, E. (17 de Agosto de 2011). *NATURPIXEL*. Obtenido de Tono, saturación y luminosidad.: <https://naturapixel.com/2011/08/17/tono-saturacion-y-luminosidad>
- Significados. (22 de Noviembre de 2018). *Código Binario*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de Significados.com: <https://www.significados.com/codigo-binario>
- Significados.com. (21 de Junio de 2018). *Significado de Sketch*. Obtenido de Significados.com: Disponible en: <https://www.significados.com/sketch/>
- Soler, S. (19 de Febrero de 2019). *Photoshop cumple 29 años. Cómo nació y cómo evolucionó*. Obtenido de Katekismo. The Tech Will Set You Free: <https://katekismo.com/la-historia-de-adobe-photoshop/#:~:text=La%20historia%20de%20Photoshop%20es%20ya%20muy%20larga.&text=Creado%20por%20los%20hermanos%20Thomas,peque%C3%B1o%20programa%20para%20manipular%20im%C3%A1genes>.
- Systemax Software Development. (2021). *Easy Paint Tool Sai Product Overview*. Obtenido de systemax.jp: <https://www.systemax.jp/en/sai/>
- Textel. (14 de abril de 2020). *El uso de pantallas LED en el mundo del arte*. Obtenido de Textel: <https://textel.es/pantallas-led-en-el-mundo-del-arte/>
- Tresguerres, J. (2005). *Fisiología Humana* (3ª edición ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- UNESCO. (28 de febrero de 2018). *Uno de cada cinco niños, adolescentes o jóvenes del mundo no está escolarizado*. Obtenido de www.UNESCO.org: <https://es.unesco.org/news/cada-cinco-ninos-adolescentes-o-jovenes-del-mundo-no-esta-escolarizado>
- Vega J.A., R. M. (2005). Aplicación de teorías de color en imágenes digitales. *Ingeniería*, 10(2), 14-22. Recuperado el 2019
- Vega, J. (2002). Cultura científica, cultura visual.Prácticas de representación en el origen de la ciencia moderna. *Arbor*, 521-552.
- Ventura, A. (8 de Octubre de 2013). *Felice Frankel: Picturing Science*. Obtenido de ARTS.Center for Art, Science & Tecnology at MIT: <https://arts.mit.edu/picturing-science-felice-frankel/>
- Walker, R. (Octubre de 2016). *The Path of a Scientific Illustrator: An Interview with Ella Marushchenko*. Obtenido de School of Medicine & Dentistry University of Rochester: <https://www.urmc.rochester.edu/education/graduate/ur-best-blog/october-2016/the-path-of-a-scientific-illustrator-an-interview.aspx>

- Zambrano, H. (2016). La investigación en el arte -La relación arte y ciencia, una introducción. *INDEX #01*, 110-116.
- Zambrano, H. (2016). La investigación en el arte- La relación arte y ciencia, una introducción. *INDEX #01*, 110-116.
- Zapatero, C. (18 de Septiembre de 2007). ¿Morirá de éxito la biología estructural? *El País*, pág. https://elpais.com/diario/2007/09/19/futuro/1190152801_850215.html.
- Zelanski, P., & Fisher, M. P. (2001). *Color*. Madrid, España: H. Blume.
- Zigmund, M. et al. (1999). *Esquema de los diferentes mecanismos que intervienen en la síntesis, acumulación, liberación y degradación de un neurotransmisor (NT) Z en una sinapsis química*. [figura]: Recuperado de: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/58706914/Fisiologia_humana_tresguerres_3_ED_2005.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DFisiologia_humana_tresguerres_3_ED.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credentialia.

Salamanca, Gto., a 15 de Agosto del 20 22.

M. en I. HERIBERTO GUTIÉRREZ MARTIN
COORDINADOR DE ASUNTOS ESCOLARES
PRESENTE.-

Por medio de la presente, se otorga autorización para proceder a los trámites de impresión, empastado de tesis y titulación al alumno(a) Ana Laura Robles Hernández del Programa de Licenciatura en Artes Digitales y cuyo número de NUA es: 384372 del cual soy director. El título de la tesis es: Vinculación ciencia y arte, captura digital del proceso neuronal sináptico químico.

Hago constar que he revisado dicho trabajo y he tenido comunicación con los sinodales asignados para la revisión de la tesis, por lo que no hay impedimento alguno para fijar la fecha de examen de titulación.

ATENTAMENTE

DR. JOSE ARMANDO PEREZ CRESPO
NOMBRE Y FIRMA
DIRECTOR DE TESIS
SECRETARIO

Heriberto Gutiérrez Martín
NOMBRE Y FIRMA
PRESIDENTE

DR. JOSE ARMANDO PEREZ CRESPO
NOMBRE Y FIRMA
DIRECTOR DE TESIS

Brenda Gómez Villanueva
NOMBRE Y FIRMA
VOCAL