



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

VICERRECTORÍA EJECUTIVA

SISTEMA UNIVERSITARIO DE BIBLIOTECAS

Biblioteca Digital

La presente tesis es publicada a texto completo en virtud de que el autor ha dado su autorización por escrito para la incorporación del documento a la Biblioteca Digital y al Repositorio Institucional de la Universidad de Guadalajara, esto sin sufrir menoscabo sobre sus derechos como autor de la obra y los usos que posteriormente quiera darle a la misma.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS
DIVISIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA INTEGRACIÓN CIBER-HUMANA



DESARROLLO DE MATERIALES DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA CON
ALGORITMOS GENERADORES DE DEEP LEARNING

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN BIOINGENIERÍA Y CÓMPUTO INTELIGENTE

PRESENTA

LIC. GUILLERMO SEBASTIÁN JIMÉNEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. OMAR PAREDES

CODIRECTOR

DR. JOSÉ ALEJANDRO MORALES VALENCIA

GUADALAJARA, JALISCO; JULIO DE 2024

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara, a mi alma mater CUCEI y a CONAHCYT por haberme dado las herramientas para poder llevar a cabo esta Maestría. A la Coordinación de Investigación y a la Unidad de Posgrados de CUCEI por hacer este proceso más llevadero.

Agradezco a mi comité Tutorial por su apoyo durante este proceso; Al Doctor Omar Paredes, al Doctor Alejandro, al Doctor Borrayo y al Doctor Gerardo Mendizábal.

Al Laboratorio de Innovación Biodigital (por sus siglas en ingles B.I.L.) dentro del cual se encuentran mis buenos amigos; Pollo, Caro, Ernesto, Elsuki, Gus, Yajaira, Cindy, Rocío, Mali, Cano, Kike, Moy e Iveth.

A mi familia, los amo; A mi má, pá, gracias por desde niño apoyarme y darme ese impulso durante toda mi vida, por todo su amor, gracias por darme educación por siempre estar al pendiente desde sus respectivas trincheras. A mis hermanos, Lalo y Nayelas por ser los mejores amigos, compañeros, coequiperos, escuderos, cómplices, socios, pero sobre todo Hermanos. A todas y cada una de mis tías, y por su puesto a mis primos, gracias por siempre acompañarme. A mis suegros que han estado al pendiente, dando su apoyo incondicional y sincero, a mis cuñadas y cuñados gracias por su relajada compañía siempre, a mis latosos pero muy queridos y amados sobrinos, nunca dejen de imaginar y crear. A mi gran amigo Pako, la vida es arte, vive del arte. A mi esposa, gracias por acompañarme de la mano hasta este punto, seguimos en este jardín.

A mis abuelitos, aunque ya no están acá pero que me acompañaron y me enseñaron mucho... “El que no ve adelante atrás se queda”.

Contenido

INDICE DE TABLAS.....	5
1. MARCO TEORICO	6
1.1 Historia y evolución del cómic.....	6
1.2 Orígenes y primeros comics	6
1.3 Cómics científicos en la educación y la divulgación de la ciencia.....	8
1.4 Comunicación de la ciencia. Difusión y divulgación científica.....	9
1.5 GENERACION DE IMÁGENES POR IA.....	10
1.6 PLATAFORMAS DE IAs GENERADORAS EN LA ACTUALIDAD	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3.OBJETIVOS.....	14
3.1 Objetivo general.....	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
4. METODOLOGIA.....	15
4.1 Esquema metodológico.....	15
4.2 Generación de <i>Graphical Abstracts</i> con IA	17
4.2.1 Base de datos	17
4.2.2 Diseño de prompts para la generación de graphical abstracts.....	17
4.2.3 Selección de IAs generativas de texto a imagen.....	17
4.2.4 Evaluación de la Coherencia de las Imágenes	18
4.3 Pre-producción de tiras cómicas con IA para la divulgación científica	18
4.3.1 Identificación de conceptos científicos a abordar en la tira cómica	18
4.3.2 Bosquejo de los prompts para el diseño de personajes, paisajes y fondos.....	19
4.3.3 Generación de imágenes para la tira cómica.....	19
4.4 Generación de material audiovisual como presentación de un proyecto de divulgación científica	20
5. RESULTADOS.....	21
5.1 Generación de Graphical Abstracts con IA.....	21
5.1.1 Base de datos	21
5.1.2 IAs generativas de texto a imagen	21
5.1.3 Evaluación de la Coherencia de las Imágenes	28
5.2 Pre-producción de tiras cómicas con IA para la divulgación científica	31
5.2.1 Identificación de conceptos científicos a abordar en la tira cómica	31
5.2.2 Bosquejo de los prompts para el diseño de personajes, paisajes y fondos.....	32
5.2.3 Generación de imágenes para la tira cómica.....	35
5.3 Generación de material audiovisual como presentación de un proyecto de divulgación científica	37

6. DISCUSIÓN.....	39
7. CONCLUSIÓN	41
8. REFERENCIAS	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Revisión sistemática de características para IA Generativas Comerciales de Texto a Imagen.....	23
Tabla 2. Distribución de imágenes para cada artículo utilizando las IAs Leonardo y Runway a través de sus diversas modalidades.....	27
Tabla 3. Descripción de los prompts utilizados para generar imágenes de los personajes principales Alejandra y Virgilia.....	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imágenes generadas a partir de las cuatro formulaciones de indicaciones del artículo "Low-viscosity Matrix Suspension Culture for Human Colorectal Epithelial Organoids and Tumoroids".....	28
Figura 2. Imágenes generadas del artículo "Preparation and Cultivation of Colonic and Small Intestinal Murine Organoids Including Analysis of Gene Expression and Organoid Viability" utilizando Leonardo AI y Runway AI en diferentes estilos.....	29
Figura 3. Vista de las imágenes más seleccionadas para las preguntas de Tipo II de la encuesta, separadas según el tipo de prompt utilizado para su generación.....	30
Figura 4. Comparación entre el resumen gráfico del artículo "A Robust Mammary Organoid System to Model Lactation and Involution-like Processes" y el resumen gráfico generado por Runway AI a partir del prompt de la IA.....	31
Figura 5. Resultados de las preguntas de Tipo I de la encuesta.....	32
Figura 6. Resultados de las preguntas de Tipo II de la encuesta.....	33
Figura 7. Interconexión de los procesos cognitivos fundamentales.....	34
Figura 8. Distribución de los círculos de la consciencia en el viaje de Alejandra.....	35
Figura 9. Muestra de imágenes de personajes principales y escenarios de la tira cómica de divulgación.....	39
Figura 10. Primer esbozo de la tira cómica "Neurodivina: un descenso a los círculos de la cognición".....	40
Figura 11. Código QR para acceder al repositorio donde se encuentra el video.....	41

1. MARCO TEORICO

1.1 Historia y evolución del cómic

Nombrado por los expertos como el "novenio arte", también llamado arte secuencial, considerado un arte popular creado a principios del siglo XX, el cómic es el arte de narrar historias mediante secuencias de dibujos que, mezcladas con textos, se distribuyen en cuadrados llamados viñetas, que, a su vez se colocan una tras otra en la página, conformando una secuencia [1].

Menospreciado durante mucho tiempo debido a su marcado carácter popular, el cómic es considerado en la actualidad una manifestación artística debido a la utilización de códigos expresivos propios, ausentes en el resto de las bellas artes, y a su combinación con la pintura, ilustración, literatura, fotografía, cine y los videojuegos [2].

La palabra cómic es una adaptación del inglés cuyo significado es "gracioso" y hoy en día se utiliza para designar a la historieta o novela gráfica. El diccionario de la Real Academia Española (RAE), sin embargo, define específicamente la historieta como la serie de dibujos que, con o sin texto, componen un relato [3].

Comúnmente suelen estar enmarcadas en viñetas o recuadros mismos en los que se plasmará la forma y estilo correspondiente al estilo temático y narrativo estos pueden llevar texto escrito, signos o caracteres. Estos a su vez suelen ser el resultado de un trabajo en conjunto de colaboradores de diferentes áreas, dibujantes, guionistas, coloristas, diseñadores, consultores y especialistas cuando se abordan temas especializados como la educación, medicina, historia, ciencias o ingenierías [4]. De igual forma, el soporte o formato puede variar, un cómic puede desarrollarse des en una tira de prensa, en una página de periódico o revista, en una publicación exclusivamente dedicada a él (como un libro). También puede presentarse a través de la web o redes sociales [3].

1.2 Orígenes y primeros comics

La narrativa gráfica ha existido desde tiempos remotos, tal como las pinturas rupestres dan indicio de la capacidad de abstracción e interpretación de estas. No obstante, el cómic es un medio relativamente nuevo que surge con la capacidad de ser reproducido, marcando así una diferencia con las obras de arte únicas e irreproducibles. El cómic es un objeto industrial, diseñado para ser reproducido

masivamente mediante medios mecánicos. Por esta razón, su popularización se vio favorecida por el desarrollo de la imprenta y la industria editorial, facilitando la rápida reproducción de obras literarias [5,6].

En el siglo XVI, la invención de la imprenta marcó un hito en la historia, y para el siglo XIX alcanzó su apogeo, permitiendo la reproducción masiva y la consiguiente popularización del cómic. Otro medio artístico que ejerció una fuerte influencia fue el grabado. En el siglo XIX, la litografía alcanzó su máximo nivel de popularidad, siendo crucial en el desarrollo de métodos para la reproducción de imágenes. Así, tanto la prensa e imprenta en el ámbito de la escritura, como el grabado en el de las imágenes, fueron fundamentales en la evolución y difusión del cómic [2].

En 1895, en la edición dominical del New York World, debutó "Hogan's Alley" (El Callejón de Hogan) de Richard Felton Outcault . Esta serie presentaba escenas de la vida cotidiana en un barrio de Nueva York, con personajes recurrentes que incluían a una pandilla de niños. Uno de los personajes más destacados fue un niño calvo vestido con un gran camisón amarillo, conocido como Yellow Kid [7]. Lo distintivo de este personaje era que todas sus palabras aparecían escritas en su camisón, convirtiéndolo en el símbolo más reconocido del cómic y otorgándole el título de la primera tira cómica [8]. La popularidad de esta serie fue extraordinaria.

El éxito de Outcault abrió el camino a otros historietistas en los suplementos de la prensa a color. Entre esos nuevos historietistas de prensa hubo algunos abiertamente influenciados por las vanguardias artísticas, como el neoyorquino Lyonel Feininger, dedicado a la pintura, el grabado y la escultura [9].

El cómic Krazy Kat (1913-1944), creado por George Herriman, se distingue por elementos clave como la imaginación, la improvisación y el delirio. Herriman, con un profundo interés en el arte moderno, recibió el reconocimiento de los críticos de su época por su tira cómica Krazy Kat. Su experimentación se caracteriza por una lógica inversa, la continua transformación de objetos y paisajes, una farsa absurda que desconcierta al lector y desafía su marco racional, así como por un uso único del lenguaje [9].

En 1918, Frank King creó el cómic llamado Gasoline Alley, el cual ha sido publicado de manera ininterrumpida desde entonces hasta la fecha. Su característica más notable es que el tiempo dentro de la historieta avanza al mismo ritmo que en el mundo real. Esto significa que, a lo largo de los años, los personajes han envejecido, se han casado, se han jubilado y han fallecido [10].

El Príncipe Valiente es una de las obras cumbre de la historieta, gracias al talento y trabajo de Harold R. Foster. Durante los años veinte, el dibujo de las historietas había sido predominantemente caricaturesco y las temáticas se centraban en lo fantástico, humorístico o costumbrista. Foster tomó un rumbo contrario al enfocarse en historias más realistas y cotidianas, basándose en la leyenda del rey Arturo como base para esta obra [11].

Mientras tanto, en Japón, desde el siglo XI ya existían los Choju-giga, que eran imágenes humorísticas protagonizadas por animales. En 1814, el pintor Katsushika Hokusai introdujo el término 'manga', que significa 'dibujo involuntario' o 'dibujo grotesco'. Hokusai, de manera no oficial, es considerado el primer protomangaka [3].

1.3 Cómicos científicos en la educación y la divulgación de la ciencia

Además de su valor como forma de entretenimiento y expresión artística, los cómicos también han encontrado un espacio en la divulgación científica y educativa. Los cómicos científicos utilizan narrativas visuales para explicar conceptos complejos de manera accesible y atractiva para el público general. Por ejemplo, obras como "The Manga Guide to Physics" o "Logicomix: Una búsqueda épica de la verdad" combinan arte visual con contenido científico riguroso, facilitando la comprensión de temas científicos desde la física o las matemáticas [6]. Este enfoque no solo educa, sino que también inspira a una nueva generación de lectores a explorar el mundo de la ciencia a través de una narrativa visualmente cautivadora.

El éxito de los cómicos en la divulgación científica subraya la importancia de hacer el conocimiento accesible y atractivo para un público amplio [12]. Esta intersección entre arte y ciencia nos lleva a considerar el papel crucial de la divulgación en el avance del conocimiento científico y su impacto social.

La divulgación y difusión científica trascienden la mera transmisión de información; implican tender puentes entre la comunidad científica y el público general, fomentando una mayor comprensión y apreciación de los descubrimientos científicos y su relevancia cotidiana. En este contexto, los cómicos representan una de las muchas herramientas innovadoras empleadas por los comunicadores científicos para alcanzar estos objetivos. Esta discusión nos conduce a explorar cómo la divulgación científica, en sus diversas formas, contribuye no solo a la educación pública, sino también al desarrollo de una sociedad más informada de la evidencia científica.

1.4 Comunicación de la ciencia. Difusión y divulgación científica

La comunicación de la ciencia es el proceso esencial mediante el cual se transmiten conocimientos científicos, descubrimientos y conceptos a un público amplio. Este proceso implica un emisor que envía un mensaje a través de un medio específico (el canal de transmisión) hacia un receptor, todo dentro de un contexto determinado [13]. La comunicación científica no se limita solo a expertos del campo, sino que también busca alcanzar y educar al público general, promoviendo el entendimiento y el interés por la ciencia en la sociedad. Es importante diferenciar este proceso (difusión científica) de la divulgación científica, que se centra en hacer accesibles los conceptos científicos de manera simplificada y comprensible, sin necesariamente involucrar los aspectos técnicos y especializados que caracterizan a la comunicación científica rigurosa [14].

La difusión de la ciencia se dirige principalmente a públicos especializados, como lo son profesionales de la salud, expertos en campos específicos y líderes de opinión, donde por lo general se utilizan medios especializados como conferencias académicas y revistas científicas [6]. En contraste, la divulgación científica busca hacer accesible al público el conocimiento científico, sin importar su formación académica. La divulgación busca transmitir conceptos científicos de manera clara, atractiva y relevante para una audiencia amplia y diversa [15]. Se lleva a cabo a través de una variedad de medios y formatos, incluyendo libros, programas de televisión, blogs, podcasts, redes sociales, exposiciones y eventos públicos. Esta labor es multidisciplinaria, ya que implica comunicar el conocimiento científico utilizando diversos medios y adaptando el contenido para diferentes audiencias [15].

A diferencia de la difusión, que se dirige a receptores preparados y especializados, la divulgación científica se enfoca en el público en general, buscando no solo informar, sino también educar e inspirar interés por la ciencia en un sentido amplio. Así, tanto la difusión como la divulgación juegan roles complementarios en la comunicación y el entendimiento del conocimiento científico en la sociedad contemporánea [16].

Como una actividad humana más, la ciencia refleja de manera inevitable los puntos de vista y los valores de la sociedad en la cual se encuentra inmersa [17]. En

este sentido, desempeña un papel importante en la escenificación y representación social de la ciencia y por ende también de sus protagonistas, los científicos [18]. La divulgación permite poder conocer a otros científicos o aficionados a la ciencia, acercar la ciencia a la sociedad y a los sistemas educativos, generar mayor interés dentro de la población, promocionar su área de investigación, hablar de los logros como investigador en un entorno informal, permite a los científicos también aprender nuevas habilidades tales como la gestión de redes sociales, el diseño web, la edición de vídeo o audio y el diseño gráfico [19].

1.5 GENERACION DE IMÁGENES POR IA

La inteligencia artificial (IA) se refiere a la capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el reconocimiento de voz, la toma de decisiones, y la creación de contenido visual y textual. Ha evolucionado significativamente, pasando de simples algoritmos a complejos modelos de aprendizaje profundo y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde la conducción autónoma y la medicina, hasta la creación de arte y música, mostrando su versatilidad y potencial [20].

La IA ha emergido como una herramienta poderosa y transformadora en diversos campos, incluido el arte. La IA ha permitido a los artistas explorar nuevas fronteras creativas, generando imágenes y obras que antes eran impensables. Desde los primeros días de la IA simbólica, representada por sistemas como el software AARON de Harold Cohen, hasta las tecnologías modernas como las Redes Generativas Adversariales (GANs), la evolución ha sido notable [23].

Una IA generativa en general usa redes de aprendizaje profundo entrenadas con grandes volúmenes de datos para aprender patrones y estructuras para generar contenido nuevo, como texto, imágenes o música, en respuesta a indicaciones específicas. Su funcionamiento se basa en la capacidad de predecir y ensamblar información de manera coherente y creativa [21, 22].

Las GAN se han vuelto populares entre las IA generativas de imágenes debido a su capacidad para crear imágenes realistas y detalladas, funcionan mediante la competencia entre dos redes neuronales: una generadora, que crea imágenes, y una discriminadora, que evalúa su realismo. Esta interacción mejora continuamente la calidad de las imágenes generadas, logrando resultados sorprendentes en términos

de detalle y realismo, lo que las hace ideales para aplicaciones en arte, entretenimiento y diseño [23]. Mediante texto descriptivo que se convierte en una representación numérica que el generador de la GAN puede entender, se entrenan con grandes cantidades de datos para crear la imagen asociada a esa descripción, puliéndose mediante la retroalimentación con el discriminador, demostrando su capacidad en la generación creativa de contenido visual [24].

La generación de imágenes a partir de texto con las GAN ha abierto nuevas fronteras creativas y prácticas, permitiendo transformar descripciones textuales en visuales detalladas. La calidad de las imágenes generadas depende en gran medida de la precisión y claridad de las instrucciones textuales proporcionadas (prompts), por lo que la elaboración de prompts bien definidos es una pieza fundamental para obtener resultados óptimos y precisos [24,25].

Un prompt en el contexto de la inteligencia artificial se refiere a una entrada de datos inicial o instrucción que se proporciona a un modelo para guiar su comportamiento o respuesta. Este puede ser un texto, una imagen, o cualquier otra forma de datos que el modelo utilice como punto de partida para generar una salida específica [25].

El proceso de ingeniería de prompts implica diseñar instrucciones claras y específicas que reflejen correctamente las necesidades del usuario y las capacidades del modelo. Es crucial que sea preciso para asegurar que el modelo interprete correctamente la solicitud y genere respuestas pertinentes y coherentes. Esto requiere selección cuidadosa de datos de entrenamiento, ajuste iterativo del prompt según los resultados obtenidos, y optimización continua para adaptarse a diferentes contextos y mejorar la efectividad del modelo a lo largo del tiempo [26].

1.6 PLATAFORMAS DE IAs GENERADORAS EN LA ACTUALIDAD

En la gama de la inteligencia artificial generativa se encuentran modelos como DALL-E, desarrollado por OpenAI, es conocido por su habilidad para generar imágenes a partir de descripciones textuales detalladas. Esto permite a los usuarios crear ilustraciones que van desde lo realista hasta lo surrealista con impresionante precisión. Este modelo utiliza una arquitectura GAN (Generative Adversarial Network), permitiendo la creación de arte visual que desafía los límites de la imaginación humana [27].

Por otro lado, LEONARDO de OpenAI ha revolucionado el campo con su capacidad multimodal, que combina texto e imágenes para generar contenidos ricos y expresivos. Este modelo destaca por su capacidad para comprender y generar múltiples modalidades de datos, ofreciendo respuestas contextualmente relevantes y creativas en una amplia gama de aplicaciones. LEONARDO se distingue además por su capacidad de adaptarse a diversos escenarios, desde la creación de arte hasta la generación de contenido educativo y publicitario [28].

Además de DALL-E y LEONARDO, otras IA generativas notables como GPT-4, CLIP de OpenAI y LLAMA2 de Meta han ampliado las fronteras de lo que es posible en la generación automática de contenido. GPT-4, por ejemplo, se destaca por su capacidad para generar texto coherente y convincente en múltiples estilos y tonos, demostrando versatilidad en aplicaciones que van desde la redacción de noticias hasta la producción de historias creativas. Estos modelos representan un avance significativo en la convergencia de IA y creatividad humana, impulsando nuevas posibilidades en campos como el arte digital, la escritura automatizada y la creación de contenido personalizado [27,28,29].

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La divulgación científica enfrenta un desafío significativo debido a su naturaleza altamente especializada y a menudo inaccesible para el público general. A pesar de los esfuerzos continuos por actualizar y mejorar los métodos de enseñanza y comunicación científica, la mayoría de los materiales disponibles en libros, artículos y otros medios académicos siguen siendo percibidos como aburridos y poco atractivos para la audiencia no científica. Esta falta de interés puede limitar la comprensión y la apreciación pública de conceptos científicos complejos, especialmente en contextos educativos básicos y medios.

La necesidad de desarrollar herramientas y metodologías innovadoras se hace evidente para transformar la divulgación científica en un proceso más rápido, claro, atractivo y relevante. Utilizar medios modernos y tecnológicos, como la inteligencia artificial, en la creación de cómics y otros recursos visuales puede ser clave para superar estas barreras, permitiendo una comunicación más efectiva y accesible del conocimiento científico a una audiencia más amplia y diversa.

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Desarrollar una metodología basada en Inteligencia Artificial Generativa para hacer divulgación más rápida, clara, atractiva y relevante de la información científica.

3.2 Objetivos específicos

- Relacionar los procesos involucrados en la creación artística tradicional con los empleados en la creación de elementos con IAs.
- Desarrollar una metodología en los procesos artísticos, para la producción de medios audiovisuales por medio de las IAs.
- Generar tiras cómicas basadas en la metodología desarrollada, que divulgue conceptos científicos.

4. METODOLOGIA

El desarrollo de materiales audiovisuales mediante Inteligencia Artificial (IA) representa un campo innovador y en rápida evolución dentro de la divulgación científica. Sin embargo, para garantizar la validez y confiabilidad de estos materiales en el contexto científico, es crucial establecer una metodología sólida y replicable.

La implementación de una metodología sistemática no solo asegura la consistencia en la producción de contenidos, sino que también permite la validación y mejora de las técnicas empleadas. Esto es relevante en el ámbito científico, donde la replicabilidad es un pilar fundamental para la credibilidad y el avance del conocimiento.

Por ello, se diseñó un método que pudiera ser adaptable y trasladable a diversos medios audiovisuales. Este enfoque busca proporcionar un marco de trabajo estandarizado que, al mismo tiempo, sea flexible para las diferentes plataformas y formatos de divulgación científica.

4.1 Esquema metodológico

Para el desarrollo de esta tesis se estableció una metodología estructurada en tres etapas principales (ver Figura XX), diseñada para optimizar la creación de materiales audiovisuales mediante IAs para la divulgación científica.

La primera etapa se centró en la compilación y análisis de conceptos clave, términos específicos y sus interrelaciones. Este proceso garantiza que las figuras generadas reflejen el contenido científico deseado, estableciendo así una representación visual de la información.

En la segunda etapa, se procedió al bosquejo de los prompts que se utilizarían para la generación de imágenes. Dada el procesamiento del lenguaje por parte de las IAs, se requirió una selección de términos y descripciones auxiliares. Para sistematizar este proceso y alejarlo de un enfoque artesanal se desarrollaron arquetipos funcionales de prompts, diseñados para producir las imágenes deseadas de manera consistente y replicable.

La tercera etapa consistió en la generación de imágenes basadas en los prompts desarrollados previamente. Este proceso involucró no solo la introducción de los textos elaborados, sino también la selección y ajuste de métodos y filtros específicos. El objetivo fue producir imágenes que fueran tanto comprensibles para el

público objetivo como visualmente atractivas, para mantener una claridad informativa con el atractivo estético.

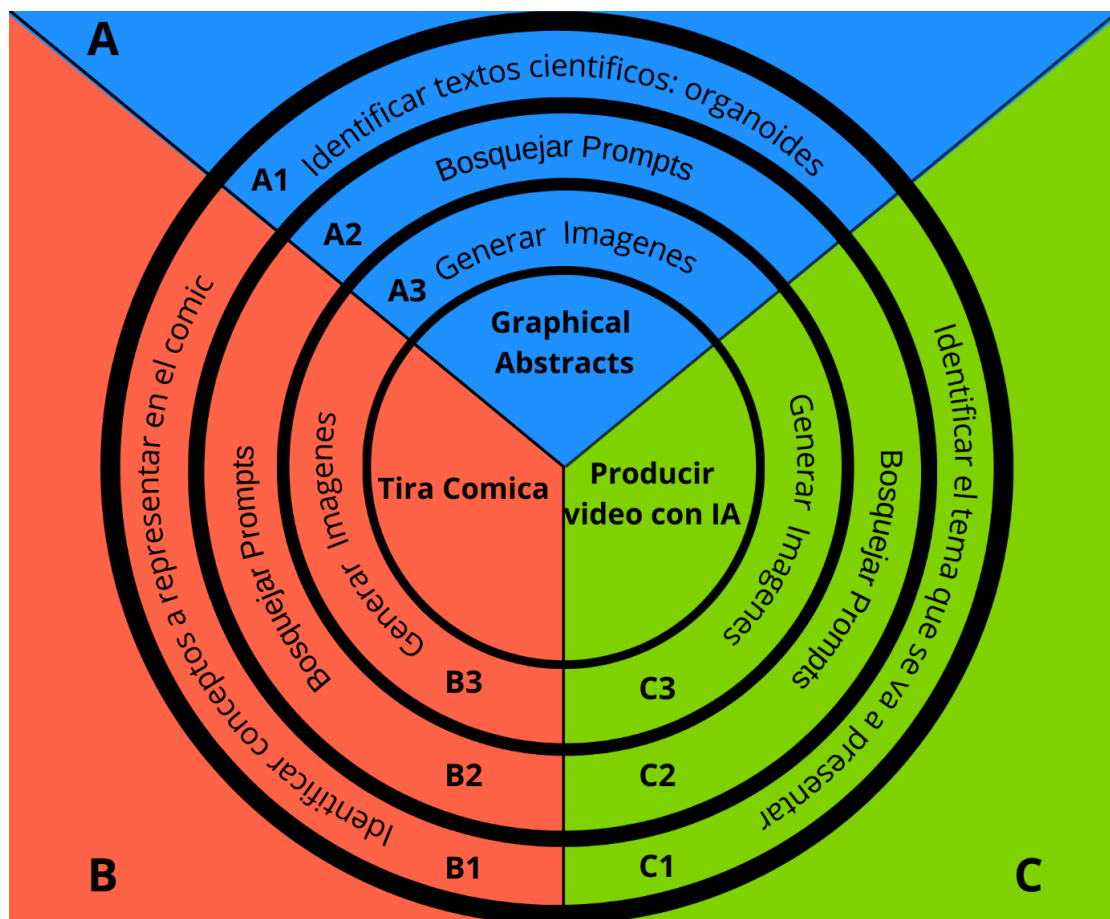
Para validar la eficacia de esta metodología, se aplicó en la creación de tres tipos distintos de materiales audiovisuales:

A) Graphical abstracts: Imágenes que sintetizan los hallazgos principales de artículos científicos los cuales van ganando relevancia en las publicaciones científicas.

B) Video pitch: Producción de un video breve para una propuesta de proyecto científico donde utilicé múltiples IAs no solo para la generación de imágenes sino también para otros elementos del vídeo.

C) Tiras cómicas de difusión científica: Enfocadas en la transmisión de conocimientos de frontera en neurociencias, combinando rigor científico con un formato atractivo.

Esta metodología busca establecer un estándar replicable y adaptable para la creación de contenido científico visual mediante IA.



4.2 Generación de *Graphical Abstracts* con IA

4.2.1 Base de datos

Para recuperar el conjunto de artículos para el presente trabajo, realizamos una búsqueda en PubMed de todos los artículos con la consulta "graphical abstract" AND "organoids". Solo se seleccionaron aquellos artículos que trataran sobre organoides cerebrales, que fueran publicados después de 2021, y que incluyeran un resumen gráfico.

4.2.2 Diseño de prompts para la generación de graphical abstracts

Las IAs generativas de imágenes necesitan un prompt. Un prompt es un texto de entrada o consulta que proporciona información a la IA generativa para diseñar el output que ha desarrollado. Elaborar un prompt es un paso clave en el proceso generativo, ya que da forma al estilo, contenido, forma y restricciones del output. Para crear el resumen gráfico que ilustra el contenido del manuscrito, formulamos cuatro tipos de prompts:

- Prompt 1: El título del artículo, ya que reúne las palabras clave del manuscrito.
- Prompt 2: Los resúmenes de los artículos, ya que es un esquema conceptual del estudio en sí. En el caso de Leonardo AI, que tiene un límite de caracteres para la expansión del prompt, utilizamos una parte del resumen y luego iteramos hasta que se ingrese todo el resumen.
- Prompt 3: Una lista de palabras clave obtenidas solicitando a otra IA generativa, es decir, ChatGPT, que las recupere del resumen.
- Prompt 4: Un prompt diseñado para crear imágenes con otra inteligencia artificial generativa, es decir, ChatGPT, basado en el resumen.

4.2.3 Selección de IAs generativas de texto a imagen

Actualmente, existe un número creciente de IAs generativas de texto a imagen (GAIs) con diferentes características y limitaciones. Para reducir las GAIs para el presente trabajo, realizamos una revisión sistemática de las 14 GAIs más populares y comerciales. Luego seleccionamos dos de ellas basándonos en la calidad de imagen, la coherencia inmediata y el costo.

4.2.4 Evaluación de la Coherencia de las Imágenes

Para determinar si las imágenes generadas por las IAs representaban de manera precisa los temas delineados en los resúmenes, diseñamos una encuesta de 10 preguntas. El objetivo principal fue evaluar la efectividad de las imágenes generadas por IA para representar fielmente los temas descritos en los resúmenes. Esta encuesta se administró a una muestra de 55 estudiantes universitarios inscritos en programas STEM en la Universidad de Guadalajara. Para evitar familiaridad con textos científicos, no se incluyó a estudiantes de posgrado.

Para evitar problemas de comprensión debido a barreras idiomáticas, utilizamos la herramienta de traducción IA DeepL (<https://www.deepl.com/es/translator>) para traducir todos los textos y palabras clave al español. Posteriormente, investigadores especializados en el campo revisaron las traducciones obtenidas para eliminar cualquier error de traducción.

La encuesta estuvo compuesta por dos tipos de preguntas con un total de 10 reactivos; 5 preguntas de Tipo I y 5 preguntas de Tipo II. En las preguntas de Tipo I, se pidió a los participantes que identificaran las palabras que mejor representaban las imágenes generadas por IA. Para la lista de opciones de palabras, seleccionamos aleatoriamente 10 palabras pertenecientes al prompt 3 (Anexo 1) y 10 palabras relacionadas con el tema pero que no estaban incluidas en el prompt 3.

En las preguntas de Tipo II, se pidió a los participantes que seleccionaran de un conjunto de imágenes aquella que consideraban que mejor representaba el resumen. Una pregunta mostraba imágenes generadas con el prompt 1, dos con el prompt 2 y dos con el prompt 4. Todas las imágenes mostradas incluían diferentes filtros y estilos generados por las IAs Leonardo y Runway como opciones.

4.3 Pre-producción de tiras cómicas con IA para la divulgación científica

4.3.1 Identificación de conceptos científicos a abordar en la tira cómica

Para el desarrollo de la tira cómica se seleccionaron tres temas principales: organoides/cerebroides, estados de la conciencia y funciones cognitivas. Se eligió "La Divina Comedia" de Dante Alighieri como base narrativa para plasmar estos conceptos. En el caso de los estados de la conciencia se incluyeron nueve dimensiones de la mente: sensación/transducción, atención, movimiento, percepción,

memoria, emoción, motivación, lenguaje y aprendizaje. Estos conceptos científicos se integraron en una narrativa con paralelismos de la obra de Dante.

4.3.2 Bosquejo de los prompts para el diseño de personajes, paisajes y fondos

El proceso comenzó con la creación del guion literario, incorporando los estados de consciencia e inspirados en la obra de Dante se visualizaron como los círculos del infierno dantesco. Además, un concepto medular del cómic fueron los organoides, esto para acerca una de las tecnologías modernas de biotecnología cerebral al público. Esta fase creativa se realizó sin apoyo de inteligencia artificial. Paralelamente, se diseñaron conceptualmente los personajes, paisajes y fondos.

Estas descripciones conceptuales se proporcionaron a ChatGPT para la generación de prompts, que luego se utilizarían en las IAs generadoras de imágenes. Se seleccionaron secciones específicas del guion para construir los cuadros del cómic. Durante este proceso, se experimentó con diversas combinaciones de prompts, refinándolos iterativamente hasta lograr que las imágenes generadas reflejaran fielmente la visión creativa del equipo.

Se hicieron 3 iteraciones con diferentes prompts, aquellos que salieron directamente de ChatGPT, otro caso en el que se incluyó el prompt negativo, el cual es un prompt que incluye lo que no se desea en la imagen, y el prompt optimizado.

4.3.3 Generación de imágenes para la tira cómica

Con los escenarios y personajes ya diseñados individualmente mediante diversas combinaciones de prompts, se procedió a la generación de imágenes para la tira cómica. Tras el trabajo realizado con los abstracts gráficos, se eligió Leonardo como la herramienta de inteligencia artificial para la creación de imágenes, pero hubo casos (prompts iniciales) en los que se probaron diferentes herramientas de IA generadoras.

El estilo artístico seleccionado fue el de "Old School Comic Illustration", debido a que sus líneas características y su paleta de colores resultan más agradables visualmente. Se optó por una gama de colores cálidos para potenciar este efecto. En cuanto a la calidad técnica, se estableció una resolución mínima de 720 píxeles para asegurar una adecuada definición en las imágenes.

Para la creación de los cuadros individuales de la tira cómica, se empleó un proceso de integración. Se utilizaron los prompts previamente desarrollados tanto para la descripción de los personajes como para los escenarios. Mediante ChatGPT, se solicitó la fusión de estos elementos, generando instrucciones precisas para que Leonardo pudiera integrar coherentemente a los personajes dentro de las escenas correspondientes.

4.4 Generación de material audiovisual como presentación de un proyecto de divulgación científica

Una última aplicación de la metodología propuesta en esta tesis fue crear un video que presentara el piloto de un cómic producido con IA generativa, enfocado en la divulgación de conocimientos de frontera en neurociencias para jóvenes de nivel medio-superior. Este proyecto se enmarcó en la convocatoria COECyTJal "Programa de Difusión y Divulgación de la Ciencia, Tecnología e Innovación (DyD) 2024".

Utilizamos la misma metodología para el análisis de abstracts gráficos y para la creación del cómic de neurociencias. Se elaboró inicialmente un storyline, que posteriormente se expandió a un guión detallado. Para la creación de imágenes, se utilizó la plataforma de IA Leonardo, aplicando los filtros "cinematic" y "oldschool comic". Estas imágenes se emplearon para generar secuencias de video cortas (5 s).

La fase de postproducción del video se realizó utilizando el software de edición Shotcut, donde se integraron las secuencias de video, se añadió una voz en off explicativa y finalmente se musicalizó.

5. RESULTADOS

5.1 Generación de Graphical Abstracts con IA

5.1.1 Base de datos

A partir de la revisión sistemática de artículos en la literatura, 11 artículos cumplieron con los criterios de inclusión (ver Anexo 1). Estos artículos cumplieron con los criterios de inclusión descritos en la metodología. Luego, elaboramos indicaciones para cada artículo; las indicaciones 1 y 2 se derivaron directamente del texto, mientras que las indicaciones 3 y 4 fueron diseñadas utilizando ChatGPT. Estas indicaciones diseñadas con ChatGPT se muestran en la Tabla 2.

5.1.2 IAs generativas de texto a imagen

Como primer paso, hicimos una revisión de todas las IAs generativas de texto a imagen publicadas hasta 2023. La tabla 1 muestra las ventajas y desventajas principales de las 14 plataformas.

Tabla 1. Revisión sistemática de características para IAs Generativas Comerciales de Texto a Imagen. Las celdas coloreadas corresponden a las IAs utilizadas en el presente trabajo.

Plataforma	Ventajas	Desventajas
DALL-E2	- Fácil acceso - Tiempos de generación de imágenes de 1 a 2 minutos. - Múltiples y variados estilos de arte y texturas para ilustraciones. - Maneja imágenes de alta resolución. - Capaz de realizar cambios en imágenes preexistentes. - Integrado con software: Microsoft Designer, Open AI y Workon.	- Poca definición en rostros y extremidades. - Detalles de impresión irregulares. - Costo algo elevado por imagen. - Sesgo racial y occidental (problemas al crear personajes de color).
Hugging Face	- Fácil acceso, no se requiere registro. - No requiere demasiada memoria o recursos de computadora. - Tiempos de generación de imágenes de 1 a 2 minutos. - Imágenes en alta definición.	- Poca definición en rostros y extremidades. - Manejo y combinación de colores de baja calidad. - Muy inconsistente con los diseños. * Sesgo racial. * Precio ligeramente alto por imagen.
Dream Studio	- Fácil acceso.	- Problemas en extremidades y partes del cuerpo humano.

	- Tiempos de generación de imágenes de 20 segundos a 1 minuto. - Buena captura de detalles faciales y humanos. - Imágenes de alta resolución,	- Mutaciones en el cuerpo, como brazos extra o brazos saliendo de la cabeza.
Lexica	- Fácil acceso. - Tiempo de generación de imágenes entre 20 y 50 segundos. - Buen detalle y proporciones de características y texturas. - Gran variedad de texturas y estilos artísticos. - Imágenes de alta resolución.	- Problemas de privacidad con las imágenes generadas o editadas. - Solo las ediciones Premium o más costosas pueden mantener tus imágenes privadas.
Hot Pot	- Fácil acceso. - Buenas herramientas, como una variedad de estilos artísticos pre-cargados. - Imágenes de alta resolución.	El servidor suele estar saturado y tarda más de 2 minutos en generar imágenes de manera poco fiable.
Deep Dream	- Fácil acceso. - Imágenes de buena calidad. - Buen detalle en extremidades. - Buen tiempo de respuesta para generar imágenes en menos de 1 minuto. - Calidad muy similar a Lexica. - Imágenes de alta resolución.	- Sesgo racial. - Poca definición en los rostros. - Limitado en comparación con otras IA.
Deep AI	- Fácil acceso. - Buenas herramientas, como una variedad de estilos artísticos pre-cargados. - Imágenes de alta calidad - Buen detalle en rostros y extremidades. - Tiempo de generación de imágenes de 20 segundos a 1 minuto. - Imágenes de alta resolución	- Publicidad excesiva. - Sesgo racial. - Costoso.
Craiyon	- Fácil acceso. - Buen detalle en los rostros y características humanas. - Imágenes de alta resolución.	- Tiempo de generación de imágenes de 2 minutos o más, puede ser lento. - Alto costo por imagen.
Starryai IA=Argo	- Fácil acceso. - En versión beta, Argo 2 y Altair vienen con artistas y estilos artísticos pre-instalados. - Imágenes de alta resolución.	- Sesgo racial. - Alto costo por imagen.
Night Café	- Fácil acceso. - Imágenes de buena calidad. - Alto costo por imagen - Buen detalle facial y de extremidades. - Buen tiempo de adquisición de imágenes (1-2 minutos). - Imágenes de alta resolución	- Tiempo de generación de imágenes de 2 minutos o más, puede ser lento.

Lensa	- Fácil acceso. - Buenas herramientas, como una variedad de estilos artísticos pre-cargados. - Imágenes de calidad, - Buen detalle, imágenes de alta resolución.	- No es una aplicación en línea, se descarga directamente como aplicación móvil.
Wombo	- Fácil acceso. - Buenas herramientas, con muchos estilos artísticos pre-instalados. - Imágenes de alta calidad y resolución.	- No es una aplicación en línea, se descarga directamente como aplicación móvil.
Runway	- Fácil acceso. - Tiempos de generación de imágenes de 1 a 2 minutos. - Múltiples y variados estilos de arte y texturas para ilustraciones. - Maneja imágenes de alta resolución. - Capaz de realizar cambios en imágenes preexistentes. - Integrado con software Open AI.	- Alto costo por imagen.
Leonardo	- Fácil acceso. - Tiempos de generación de imágenes de 1 a 2 minutos. - Múltiples y variados estilos de arte y texturas para ilustraciones. - Maneja imágenes de alta resolución. - Capaz de realizar cambios en imágenes preexistentes. - Integrado con software: Canva y Adobe Suite. - Buena relación costo-imagen.	- Un poco pesado en cuanto a los recursos de memoria que utiliza. - Puede ralentizar los procesos en la computadora.

Optamos por utilizar Leonardo AI, una herramienta destacada entre las IA generativas comerciales, para generar imágenes basadas en prompts derivados de los abstracts científicos. Esta plataforma se distingue por su enfoque en la creación artística y ofrece una amplia variedad de filtros y estilos predefinidos. Entre ellos se encuentran "prompt magic", centrado en el diseño gráfico, y "photoreal", orientado hacia la fotografía. En particular, elegimos los estilos "dynamic", "illustrative" y "creative" del filtro "prompt magic" debido a su adecuación al estilo de resumen gráfico requerido para este trabajo. En cuanto al filtro "photoreal", seleccionamos únicamente el estilo "cinematic", ya que los demás no proporcionaban la diversidad de diseños necesaria.

Por el contrario, Runway es una GAI impulsada por prompt, es decir, se espera que los estilos y filtros se incluyan dentro del prompt, y las opciones limitadas en

Runway ya están incluidas en Leonardo AI. Por lo tanto, para esta GAI, dejaremos la generación de imágenes sin filtros ni estilización.

Una consideración adicional para Leonardo AI fue la expansión del prompt. Esta GAI tiene un límite de 911 caracteres para el prompt, por lo que lo dividimos en dos partes, la primera con la introducción y la segunda con el resto del prompt. Para evitar tener dos imágenes, conservamos la imagen de la primera parte y la editamos con la segunda parte del resumen como prompt.

Con estos antecedentes, generamos 72 imágenes que funcionan como resúmenes gráficos para artículos individuales, cubriendo ambos modelos generativos de imágenes (GAIs) con sus respectivas configuraciones (Tabla 2). Previamente, desarrollamos prompts específicos para cada artículo: los prompts 1 y 2 se basaron directamente en el texto del artículo, mientras que los prompts 3 y 4 fueron diseñados utilizando ChatGPT; estos últimos se detallan en el Anexo 1.

Tabla 2. Distribución de imágenes para cada artículo utilizando las IAs Leonardo y Runway a través de sus diversas modalidades.

GAI	Leonardo AI				Runway	Imágenes en total
Filtro	Photoreal	Prompt Magic			Ninguno	
Estilo	Cinematic	Creative	Dynamic	Illustrative		
Prompt 1	4	4	4	4	2	18
Prompt 2	4	4	4	4	2	18
Prompt 3	4	4	4	4	2	18
Prompt 4	4	4	4	4	2	18
Imágenes en total	16	16	16	16	8	72

La Figura 1 presenta una muestra representativa de las imágenes generadas para un artículo utilizando los cuatro prompts propuestos, como resultado de nuestro proceso de generación de imágenes detallado anteriormente.

Article Title: Low-viscosity Matrix Suspension Culture for Human Colorectal Epithelial Organoids and Tumoroids

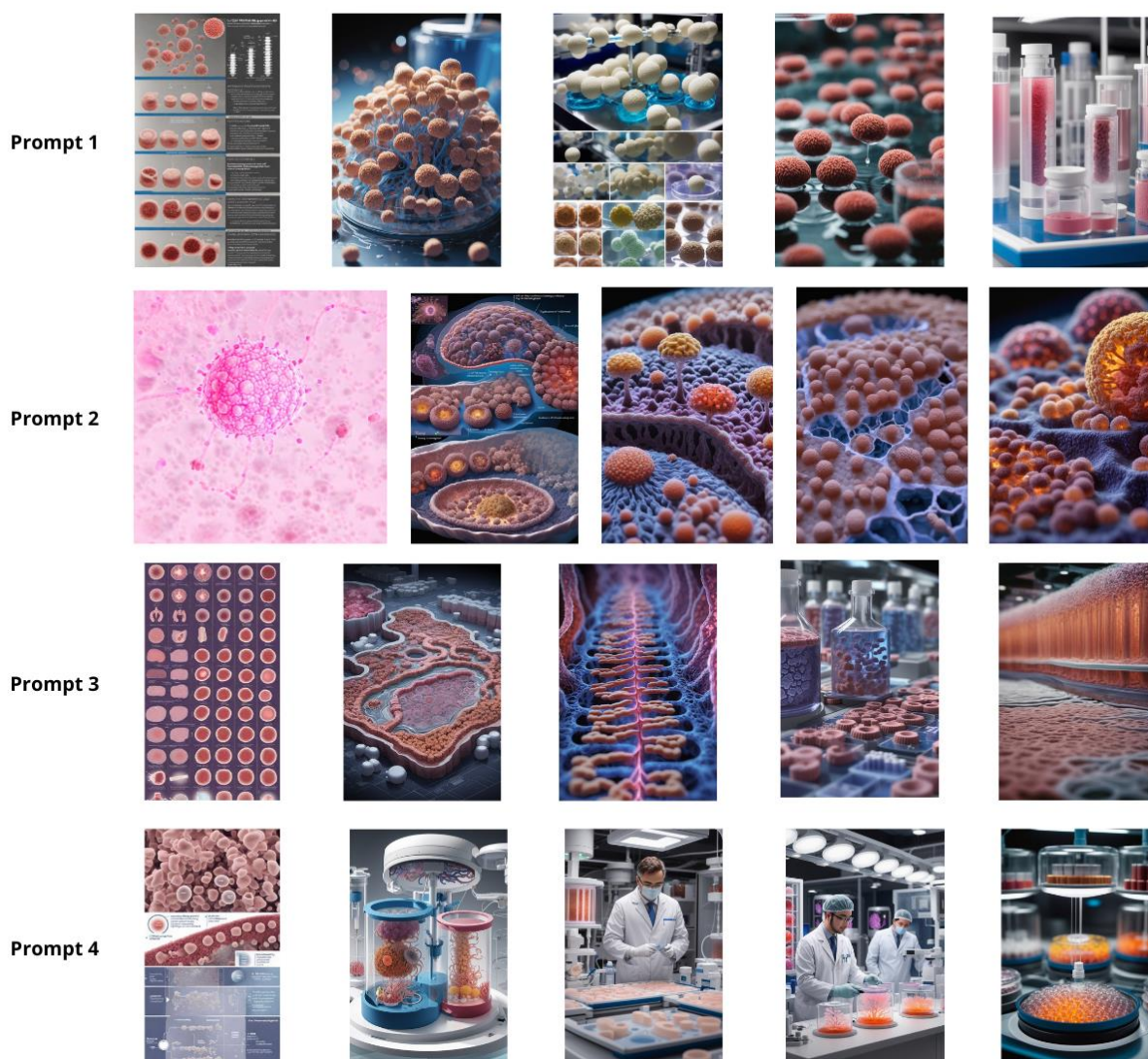


Figura 1. Imágenes generadas a partir de las cuatro formulaciones de indicaciones del artículo "Low-viscosity Matrix Suspension Culture for Human Colorectal Epithelial Organoids and Tumoroids". El prompt 1 es el título del artículo, el prompt 2 es el resumen del artículo, el prompt 3 corresponde a la lista de palabras clave, y el prompt 4 es generado con ChatGPT. Todas las imágenes fueron creadas utilizando las IAs Leonardo y Runway.

Comparando las imágenes generadas por las GIAs para un único tipo de indicación (Figura 2), se puede observar la amplia diversidad de resúmenes gráficos producidos por los modelos IA de Leonardo y Runway. Se destaca la notable variación entre las imágenes generadas por las IAs, con Leonardo IA mostrando una tendencia

a crear imágenes más divergentes entre sí. Este fenómeno se alinea con el enfoque de Leonardo IA en las artes creativas (Fareed et al., 2024).

"Preparation and Cultivation of Colonic and Small Intestinal Murine Organoids Including Analysis of Gene Expression and Organoid Viability"



AI: Leonardo AI
Filter: Prompt Magic
Style: Dynamic



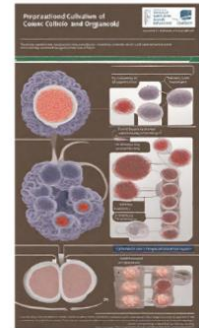
AI: Leonardo AI
Filter: Prompt Magic
Style: Illustration



AI: Leonardo AI
Filter: Photo Real
Style: Cinematic



AI: Leonardo AI
Filter: Prompt Magic
Style: Creative



AI:Runway
Filter: None
Style: None

Figura 2. Imágenes generadas del artículo "Preparation and Cultivation of Colonic and Small Intestinal Murine Organoids Including Analysis of Gene Expression and Organoid Viability" utilizando Leonardo AI y Runway AI en diferentes estilos. Se aplicó un filtro a las imágenes generadas con Leonardo AI para evitar deformidades y desproporciones.

Cuando agrupamos las imágenes generadas por el mismo tipo de prompt (Figura 3), notamos una fuerte similitud entre ellas, aunque hayan sido creadas con diferentes filtros, IAs y estilos. Sin embargo, las imágenes generadas por diferentes prompts presentan elementos pictográficos y espaciales distintos. Por ejemplo, las imágenes creadas con el Prompt 4 conservan elementos similares a infografías o carteles comúnmente vistos en aulas. En contraste, las imágenes del Prompt 1, basadas en un conjunto muy limitado de palabras (el título), permiten una mayor libertad creativa en el diseño. Como resultado, estas imágenes, aunque estéticamente atractivas, no reflejan con precisión el contenido del resumen. Esta observación fue corroborada por los resultados de la encuesta, que mostraron una mayor discrepancia en la selección de imágenes del Prompt 1.

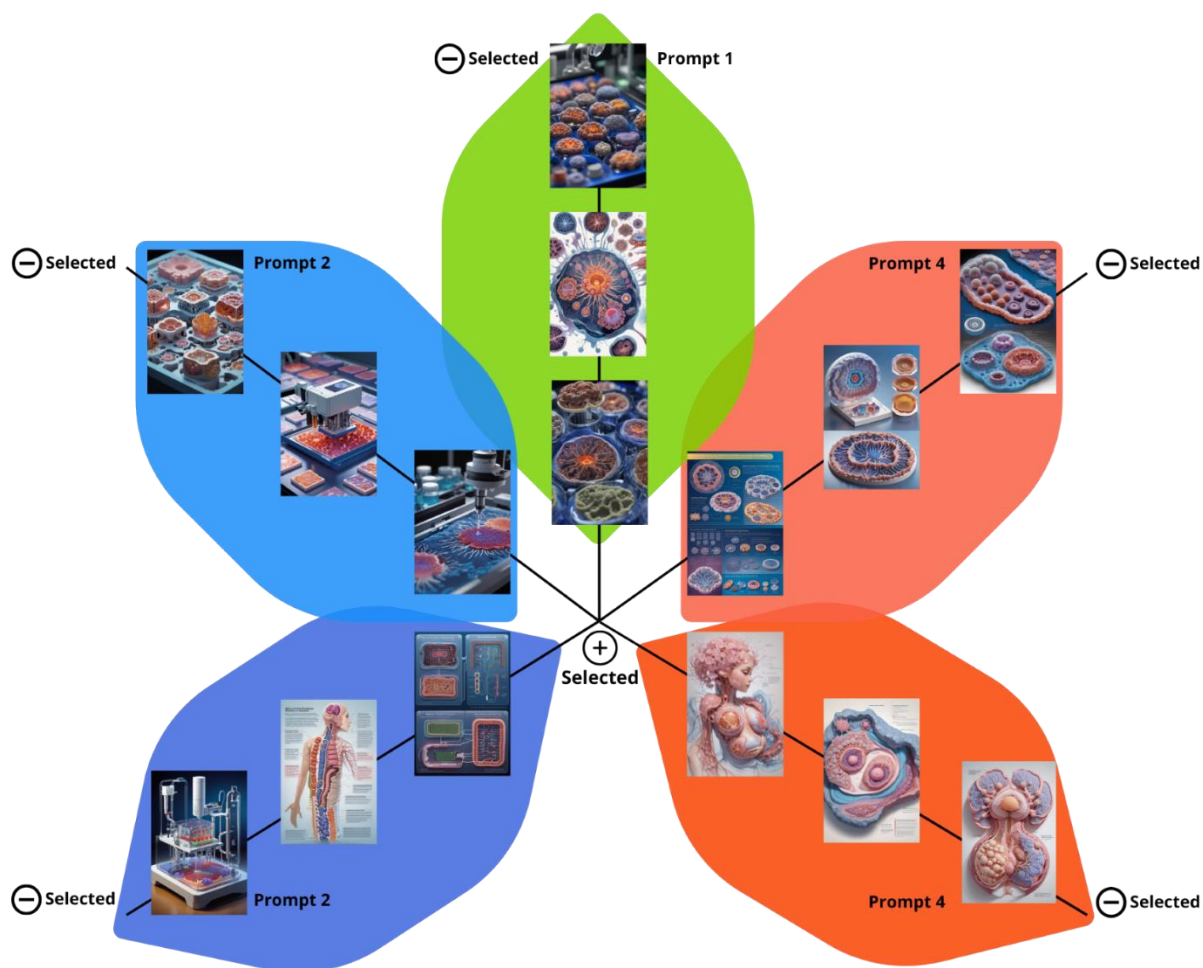


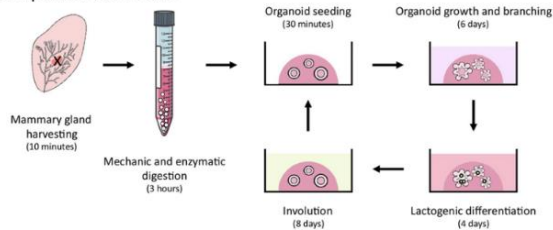
Figura 3. Vista de las imágenes más seleccionadas para las preguntas de Tipo II de la encuesta, separadas según el tipo de prompt utilizado para su generación. El prompt 1 es el título del artículo, prompt 2 es el resumen del artículo, prompt 3 corresponde a la lista de palabras clave, y prompt 4 es un prompt generado.

Finalmente, cuando nos centramos en los prompts basados en el resumen completo (prompts 2 y 4), observamos una alta similitud entre ellos (Figura 4). Más notablemente, las IAs generativas, incluso al utilizar un prompt generado por otra IA, construyeron un flujo de trabajo como resumen gráfico. Esto representa el canon actual de los resúmenes gráficos, donde se tiende a mostrar un diagrama metodológico en lugar de los conceptos más relevantes e ilustraciones (palabras clave) relacionadas con los resultados del artículo.

Prompt 2

The mammary gland is a highly dynamic tissue that changes throughout reproductive life, including growth during puberty and repetitive cycles of pregnancy and involution. Mammary gland tumors represent the most common cancer diagnosed in women worldwide. Studying the regulatory mechanisms of mammary gland development is essential for understanding how dysregulation can lead to breast cancer initiation and progression. Three-dimensional (3D) mammary organoids offer many exciting possibilities for the study of tissue development and breast cancer. In the present protocol derived from Sumbal et al., we describe a straightforward 3D organoid system for the study of lactation and involution *ex vivo*. We use primary and passaged mouse mammary organoids stimulated with fibroblast growth factor 2 (FGF2) and prolactin to model the three cycles of mouse mammary gland lactation and involution processes. This 3D organoid model represents a valuable tool to study late postnatal mammary gland development and breast cancer, in particular postpartum-associated breast cancer.

Graphical Abstract



Prompt 4

Visualize mammary gland dynamics and its link to breast cancer. Highlight the importance of understanding regulatory mechanisms. Showcase the potential of 3D mammary organoids for studying tissue development and breast cancer. Illustrate the 3D organoid system, emphasizing its use in modeling mammary gland lactation and involution cycles. Emphasize its value in studying postnatal mammary gland development and breast cancer, particularly postpartum-associated cancer.

Graphical Abstract generated by Runway



Figura 4. Comparación entre el resumen gráfico del artículo "A Robust Mammary Organoid System to Model Lactation and Involution-like Processes" y el resumen gráfico generado por Runway AI a partir del prompt de la IA.

5.1.3 Evaluación de la Coherencia de las Imágenes

Observamos una distribución homogénea en la selección de palabras clave (Figura 5). Con la excepción de la imagen 5, al menos una palabra clave representó más del 60% del contenido generado en las imágenes. En las imágenes 1, 2 y 3, la palabra que mejor capturó el contenido fue una de las palabras clave utilizadas para generarlas. En general, seis palabras fueron suficientes para captar el contenido de cada imagen generada, con una ligera inclinación hacia las palabras clave, salvo en la imagen 3, donde las palabras más representativas predominaron como palabras clave.

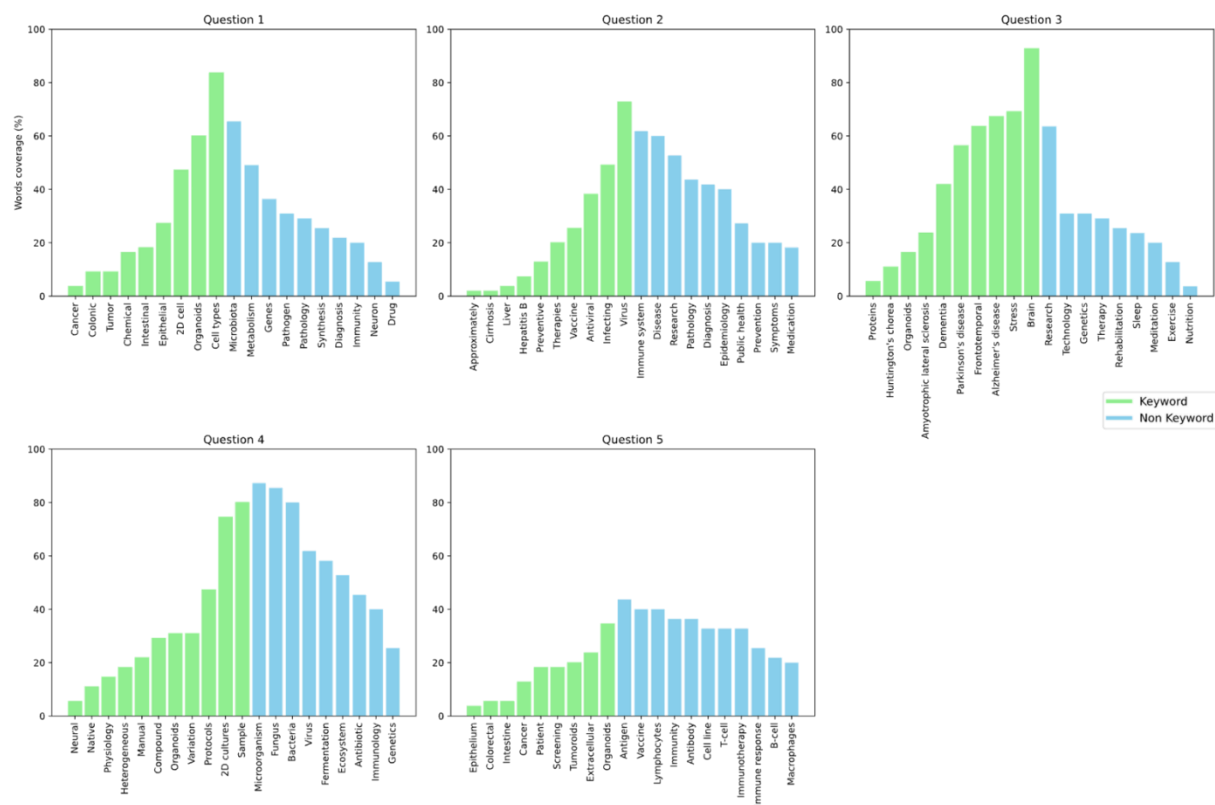


Figura 5. Resultados de las preguntas de Tipo I de la encuesta. Las barras verdes indican las palabras clave que fueron extraídas del resumen del artículo, mientras que las barras azules indican palabras que no aparecen en el resumen o que no son términos clave.

Según nuestros hallazgos, el contenido de las imágenes generadas con el prompt 3 mostró coherencia y reflejó una integración de las ideas generadas por las palabras clave, como se observa en la imagen 3.

Es relevante observar que, en todas las imágenes, un conjunto de palabras clave que representan aproximadamente el 15% de las selecciones totales estuvo consistentemente presente. Esto sugiere que las imágenes generadas podrían no abarcar todo el contenido, dado que se basan en palabras individuales. Por consiguiente, sería beneficioso optar por prompts más específicos, como un resumen, para obtener resultados más precisos. Por otro lado, la razón de esta discrepancia podría estar relacionada con el orden en que se organizaron las palabras clave dentro del prompt.

Las formulaciones para cada pregunta fueron las siguientes: pregunta 6: Prompt 2; pregunta 7: Prompt 2; pregunta 8: Prompt 1, pregunta 9: Prompt 4; pregunta 10: Prompt 4

Los resultados de las encuestas indican que el estilo de Ilustración fue el más representativo de los resúmenes. En todas las preguntas donde se presentaron imágenes con estilo de Ilustración, estas fueron las opciones más seleccionadas. En contraste, el estilo que menos representó los resúmenes fue el PhotoReal. En todas las preguntas donde hubo imágenes con este estilo, fueron las opciones menos elegidas (Figura 6).



Figura 6. Resultados de las preguntas de Tipo II de la encuesta. Cada conjunto de barras de colores representa una pregunta, y cada barra dentro del conjunto muestra una opción de imagen generada. El estilo utilizado para cada imagen se especifica en la barra correspondiente.

5.2 Pre-producción de tiras cómicas con IA para la divulgación científica

5.2.1 Identificación de conceptos científicos a abordar en la tira cómica

En el proceso de desarrollo de la tira cómica, se llevó a cabo un análisis para identificar y estructurar los conceptos científicos que servirían como base para la narrativa. Los tópicos centrales del cómic fueron movimiento, emoción, lenguaje, motivación, memoria, aprendizaje, atención, percepción y sensación. En la primera iteración, se establecieron las interrelaciones entre los estados de consciencia y estos procesos cognitivos (Figura 7).

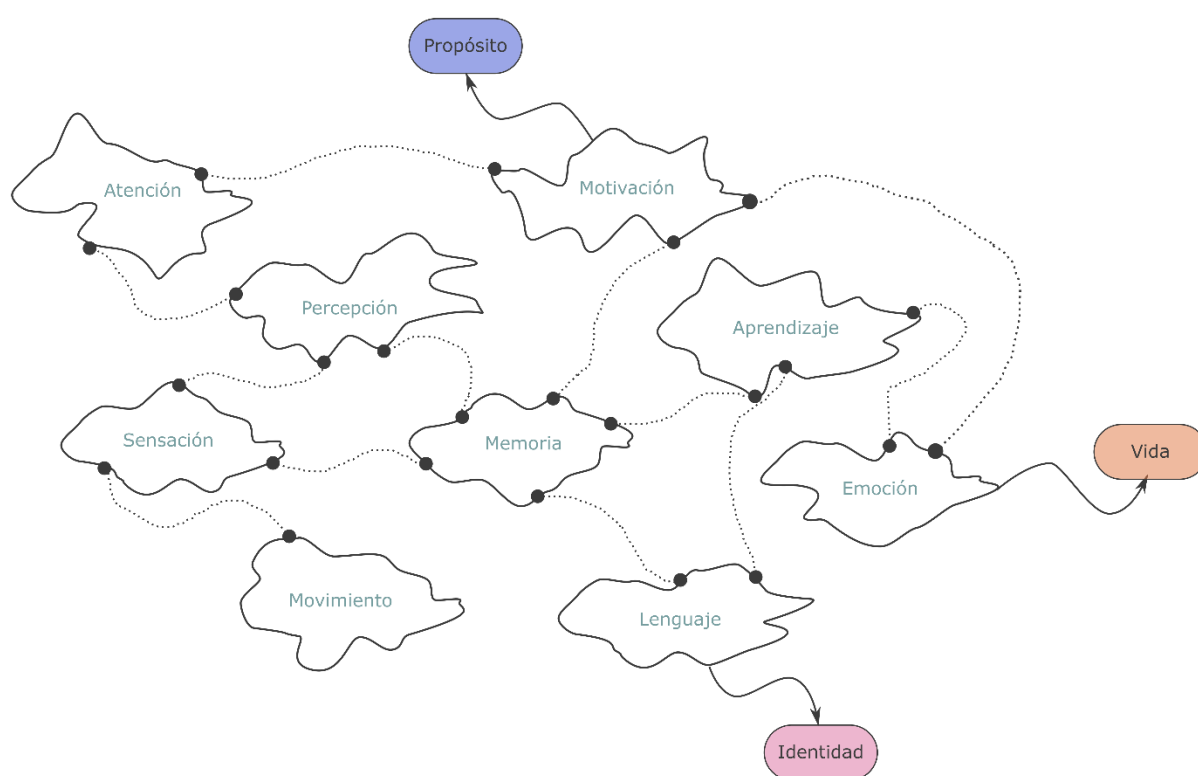


Figura 7. Interconexión de los procesos cognitivos fundamentales.

Este diagrama demuestra que estos procesos no operan de manera aislada, sino que forman un sistema integrado. La sensación se vincula estrechamente con el movimiento y la percepción, la cual a su vez influye en la atención. El lenguaje emerge como un elemento central, estableciendo conexiones con la identidad, el aprendizaje y la memoria. Esta centralidad sugiere su papel fundamental en la integración de diversos aspectos de la consciencia y la cognición. El aprendizaje mostró una conexión directa con la emoción, resaltando la importancia del componente afectivo en la adquisición de conocimientos. La inclusión del concepto "Vida", vinculado a la

emoción, sugiere un elemento específico del estudio que podría tener implicaciones significativas en la comprensión de los procesos emocionales.

Basándose en este diagrama y tomando inspiración de la Comedia de Dante, se establecieron los "9 círculos de la consciencia" (Figura 8) que Alejandra debe reconectar para poder avanzar en su viaje. Este enfoque permitió crear una historia original donde se fusionan los conceptos científicos con la narrativa base, proceso conocido como adaptación (Anexo 3, 4 Y 5).

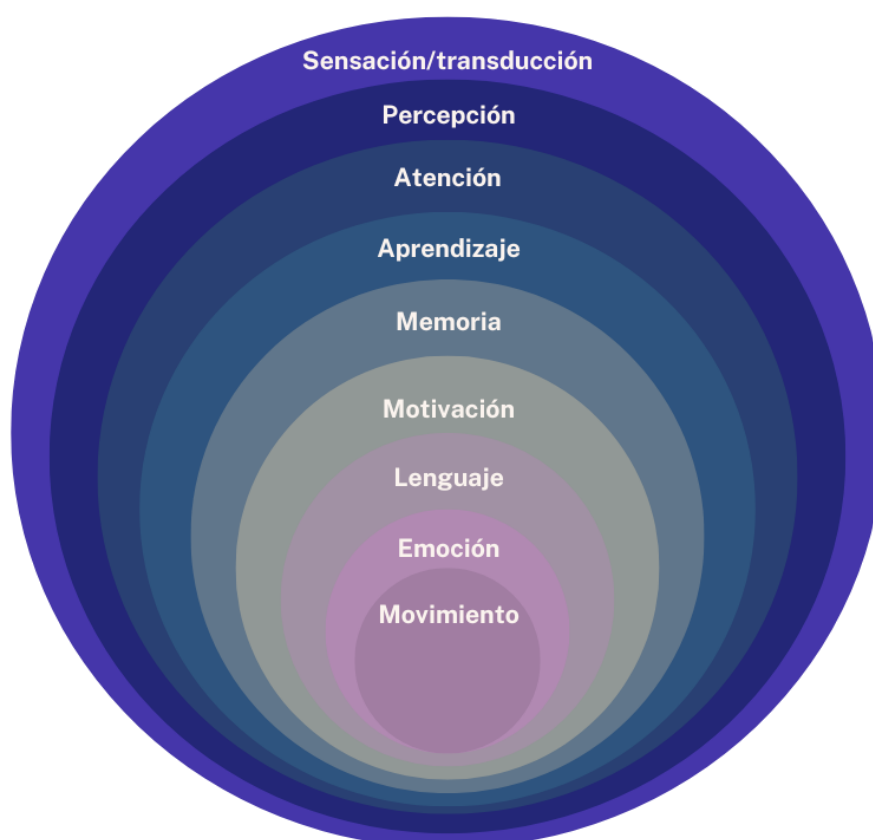


Figura 8. Distribución de los círculos de la consciencia en el viaje de Alejandra. Cada círculo representa un proceso cognitivo fundamental.

5.2.2 Bosquejo de los prompts para el diseño de personajes, paisajes y fondos

El proceso de creación de los prompts para dibujar a los personajes para la tira cómica evolucionó en tres fases principales. Inicialmente, se utilizaron descripciones básicas de 2-3 líneas, que resultaron insuficientes. En la segunda fase, se implementó un prompt negativo base aplicable a todas las imágenes, mejorando significativamente la calidad de las generaciones. La tercera fase involucró descripciones más detalladas

de los personajes, lo que produjo resultados notablemente superiores. En la tabla 3 se muestra un ejemplo de este proceso con la descripción de Alejandra y Virgilia, los personajes principales.

Tabla 3. Descripción de los prompts utilizados para generar imágenes de los personajes principales Alejandra y Virgilia. Se incluye el prompt inicial (PAO), el prompt negativo (NP) y el prompt optimizado (PDO) para cada personaje.

Personaje	Prompt inicial (PAO)	Prompt negativo (NP)	Prompt optimizado (PDO)
Alejandra	Young woman, with a pretty face, purple hair with blue and pink highlights, her hair reaches her shoulders, her left eye is light gray, and her right eye is green, she is wearing a pair of jeans, trending on artstation, HQ, 4k	((poorly Rendered face))((Normal porportions)) ((poorly drawn face)) ((poor facial details)) ((poorly drawn hands)) ((poorly rendered hands)) ((low resolution)) ((Images cut out at the top, left, right, and bottom.)) ((bad composition)) ((mutated body parts)) ((blurry image)) ((disfigured)) ((oversaturated))	Generate an image of a slender, athletic 16-year-old girl, soon to be 17, with a Caucasian complexion tinged with tan. Short hair, often dyed in seasonal colors like green, pink, and purple. Wears turquoise blue contact lenses and favors jeans or denim shorts with light-colored sleeveless tops. Often seen in a yellow raincoat.
Virgilia	Middle-aged woman, with a pretty face, brown-skinned, tall, strong, athletic and fit woman in a long black	((bad anatomy)) ((deformed body features)) poorly Rendered face, poorly drawn face,	Create a high-quality, 4K comic character featuring a middle-aged woman with a beautiful, expressive face. She has brown skin, is tall and

	dress, trending on artstation, HQ, 4k	poor facial details, poorly drawn hands, poorly rendered hands	strong, with an athletic and fit physique. She is wearing a long, elegant black dress that accentuates her form. Her appearance should convey confidence and strength. The artwork should be highly detailed, with realistic textures and lighting, and in a style that is trending on ArtStation. Include subtle elements that highlight her personality, such as a determined expression and poised stance
--	---------------------------------------	--	--

El prompt negativo utilizado en la metodología es un conjunto de instrucciones diseñadas para optimizar la calidad de las imágenes generadas por IA. Este parámetro actúa como una referencia sobre elementos no deseados en la imagen, evitando defectos comunes en la renderización. Se enfoca principalmente en mejorar la representación facial, las manos, la anatomía general y la composición de la imagen. Incluye indicaciones para prevenir rostros y manos mal dibujados, detalles faciales pobres, baja resolución, recortes inadecuados, mala composición, deformidades anatómicas, imágenes borrosas y sobresaturación de colores. Este prompt negativo, al ser general, se estableció para su aplicación en todas las futuras generaciones de imágenes del proyecto, buscando consistentemente resultados más realistas y estéticamente agradables, con proporciones correctas y anatomía precisa.

Se identificaron dos factores clave para optimizar las imágenes generadas por IA: la exhaustividad en las descripciones de los personajes y el uso de prompts negativos. Estos elementos fueron relevantes para obtener imágenes que se ajustaran con precisión a la visión del proyecto, especialmente en sistemas de IA sin parámetros predefinidos para contenido de tiras cómicas.

5.2.3 Generación de imágenes para la tira cómica

El proceso de selección de la IA generadora de imágenes se basó en una evaluación de diferentes criterios que incluyeron la calidad de las imágenes producidas, el tiempo de respuesta, la ausencia de sesgos raciales, y la diversidad de herramientas disponibles como filtros, formatos y estilos. Tras este análisis, se identificaron tres IA principales: Leonardo, Runway y DALL-E, con Leonardo emergiendo como la herramienta primaria debido a su óptima combinación de características.

La metodología desarrollada para la generación de imágenes se estructuró en pasos definidos. Inicialmente, se partió de descripciones literarias de personajes y escenarios, que luego se optimizaron utilizando ChatGPT. Estas descripciones se transformaron en prompts estructurados, compuestos por un párrafo dedicado a la descripción del personaje y otro a la acción o escenario. Este método permitió generar imágenes de manera eficiente y consistente con la visión creativa del proyecto (Figura 9, Anexo 6).

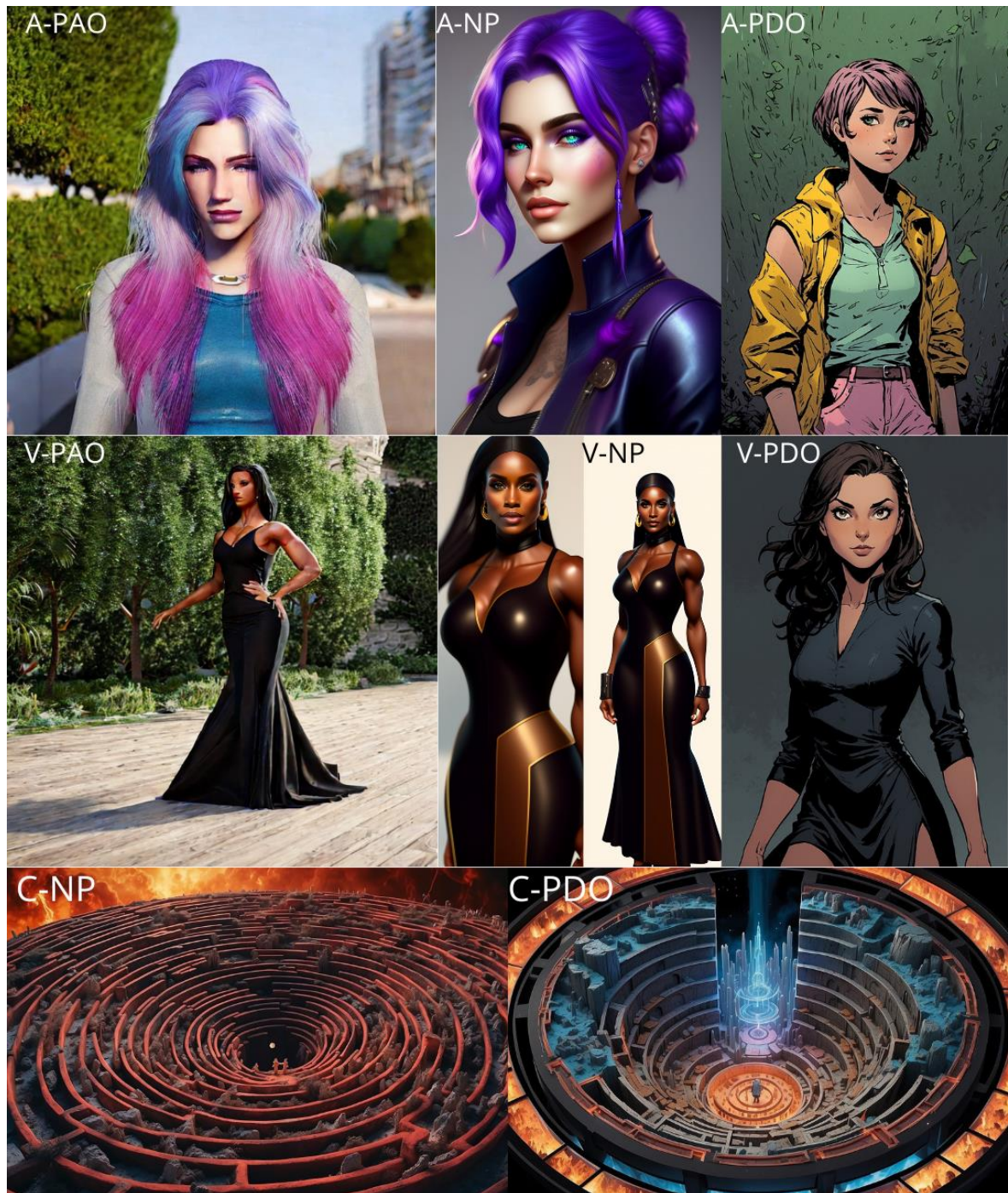


Figura 9. Muestra de imagenes de personajes principales y escenarios de la tira cómica de divulgación. Los códigos de identificación de las figuras son los siguientes: A: Alejandra, V: Virgilia, C: Circulos de consciencia; PAO: Prompt Antes de Optimización, NP: Prompt con Negative Prompt, PDO: Prompt Después de Optimizar.

Un hallazgo significativo fue el papel del artista en el proceso. A pesar de la eficiencia de las IA en la generación de imágenes, las decisiones finales sobre composición y selección recayeron en el juicio humano. Esto demostró que las IA

funcionan como herramientas de apoyo, optimizando tiempo y recursos, así potenciando la creatividad y criterio artístico (Figura 10).



Figura 10. Primer esbozo de la tira cómica “Neurodivina: un descenso a los círculos de la cognición”.

La implementación de esta metodología resultó en una notable mejora en la eficiencia del proceso creativo. Se logró generar imágenes de alta calidad y visualmente atractivas en tiempos significativamente menores comparados con los métodos tradicionales de ilustración. Además, la flexibilidad del enfoque permitió adaptarse a diferentes necesidades del proyecto, utilizando otras herramientas cuando fue necesario.

5.3 Generación de material audiovisual como presentación de un proyecto de divulgación científica

La primera fase consistió en realizar el storyline para empezar con la preproducción del video (Anexo 4). Posteriormente se siguió la metodología para el análisis de los abstracts gráficos y el cómic de neurociencias para crear el guión del video. El objetivo era proponer un concepto de cómic interactivo que permite a cada estudiante tener una experiencia visual única mientras mantiene un mensaje educativo relacionado con las neurociencias. El video presenta la diferencia entre los

métodos tradicionales de enseñanza y la propuesta innovadora del cómic, logrando ilustrar el potencial de mejora en la experiencia educativa.

Se utilizaron dos estilos visuales diferentes (realista y cómic) generados por IA, adaptándose a las necesidades narrativas de cada sección del video. Se logró animar las imágenes generadas por IA utilizando la herramienta Leonardo, añadiendo dinamismo al contenido visual del proyecto. Se determinó la importancia de ajustar adecuadamente la duración y velocidad de las animaciones para mantener la integridad visual y lograr movimientos naturales. Se identificaron factores críticos en la animación de imágenes generadas por IA, como la relación entre la velocidad de animación y la preservación de la calidad de la imagen. El video resultante puede consultarse accediendo por el código QR de la Figura 11.



Figura 11. Código QR para acceder al repositorio donde se encuentra el video.

6. DISCUSIÓN

El desarrollo de un cómic educativo basado en IA para la divulgación de neurociencias revela aspectos interesantes sobre la interacción entre la tecnología y la creación de contenido científico. Nuestros resultados muestran que la IA funciona cuando se le proporcionan conceptos abstractos, más que resúmenes completos. La estructuración de los "9 círculos de la consciencia" basados en conceptos neurocientíficos demuestra cómo la narrativa puede fusionarse eficazmente con el contenido científico, facilitando la comprensión de conceptos complejos.

El proceso de generación de imágenes reveló la importancia de la exhaustividad en las descripciones y el uso de prompts negativos. Esto se alinea con la idea de que las GAIs (IAs de Abstracción Gráfica) requieren un marco conceptual suficiente para producir visualizaciones significativas, más allá de lo puramente novedoso (Hanafy, 2023). La evolución de nuestros prompts, desde descripciones básicas hasta detalladas, refleja la necesidad de proporcionar un contexto rico para guiar la creatividad de la IA. La metodología desarrollada, que incluye la optimización de descripciones mediante ChatGPT, demuestra cómo las herramientas de IA pueden integrarse en un flujo de trabajo creativo. Sin embargo, el papel crucial del juicio humano en la selección y composición final resalta que las IA son herramientas de apoyo que potencian la creatividad humana.

Para comunicar fenómenos complejos, las palabras por sí solas resultan insuficientes. Los sistemas de IA crean representaciones basadas en constructos humanos, percibiendo las ideas desde una perspectiva fundamentalmente diferente, sin las limitaciones de vocabulario que restringen la forma en que los científicos expresan los conceptos (Denny et al., 2024). La representatividad, medida por los conceptos dentro del resumen, difiere significativamente de los resúmenes gráficos, donde las similitudes son casi inexistentes. El resumen gráfico asume el papel de un diagrama de trabajo o una imagen conceptual que transmite información general, como una infografía.

Las IAs de Abstracción Gráfica (GAIs) están libres del sesgo de la experiencia humana, permitiendo abstracciones gráficas descontextualizadas y creativas. Sin embargo, sin una orientación de alto nivel suficiente, esta libertad creativa corre el riesgo de producir abstracciones carentes de significado sustantivo. La clave está en proporcionar un marco conceptual suficiente para producir visualizaciones perspicaces en lugar de puramente novedosas. Para mitigar las limitaciones de vocabulario (Haque et al., 2022), el uso de grandes modelos de lenguaje como alternativa para generar indicaciones más eficaces podría proporcionar el contexto conceptual de alto nivel necesario (Liu et al., 2024).

Generamos imágenes basadas en palabras clave de artículos de investigación. Una encuesta mostró que, en general, sólo tres palabras clave representaban adecuadamente el contenido de las imágenes. Esto sugiere que la generación de imágenes a partir de palabras aisladas no refleja toda la información esperada, posiblemente debido a la priorización del orden de las palabras clave en la indicación (Wong et al., 2023). Alternativamente, las indicaciones más especializadas, como los resúmenes, podrían lograr una generación de texto a imagen más eficaz, mejorando así la ingeniería de indicaciones (Mahdavi Goloujeh et al., 2024).

Para abordar las limitaciones de la secuenciación de indicaciones, sugerimos centrarnos en otras representaciones. En lugar de secuencias lineales de palabras clave, guiar la creación de mapas mentales conceptuales podría dar lugar a abstracciones visuales más coherentes y significativas. Al emular los marcos conceptuales humanos mediante indicaciones estructuradas en mapas mentales (Sahoo et al., 2024), las imágenes generadas por la IA podrían adaptarse mejor a la complejidad del tema y transmitirla.

Este trabajo sugiere que la integración de IAs en la creación de contenido educativo científico ofrece oportunidades significativas para mejorar la divulgación y el aprendizaje. Sin embargo, también plantea preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la abstracción y la representación del conocimiento científico. Futuros estudios podrían explorar el uso de estructuras no lineales para guiar la generación de contenido por IA, potencialmente llevando a representaciones más coherentes y significativas de conceptos científicos complejos.

7. CONCLUSIÓN

La experiencia de integrar IA en la creación artística y divulgación científica ha revelado un proceso interesante de adaptación y aprendizaje. Desarrollar un nuevo lenguaje de comunicación con las herramientas de IA me permitió navegar entre el método tradicional de bocetado y la creación guiada por IA, donde los prompts se comparan con el trazo del lápiz. Esta herramienta complementa el proceso creativo sin suplantar la intención artística o el mensaje científico, ofreciendo nuevas posibilidades para generar imágenes atractivas a partir de conceptos abstractos.

La sinergia entre la IA y la creatividad humana abre posibilidades que nos obligan a profundizar en el panorama en constante evolución del discurso científico mejorado por IA. Al explorar enfoques innovadores como guiar la creación de mapas mentales o mapas conceptuales en lugar de depender únicamente de secuencias lineales de palabras clave, podemos emular la naturaleza integradora de los marcos conceptuales humanos a través de indicaciones estructuradas. Como resultado, las imágenes generadas por IA podrían alinearse mejor y transmitir la complejidad del tema, cerrando la brecha entre conceptos abstractos y narrativas metodológicas. En última instancia, un enfoque holístico que aproveche las capacidades técnicas de la IA mientras se apoya en la experiencia y creatividad humanas desbloqueará el verdadero potencial de las imágenes abstractas generadas por IA.

El éxito en la utilización de la IA para la divulgación científica depende de una comprensión profunda tanto del proceso artístico como del concepto científico a comunicar. Manteniendo un equilibrio entre innovación tecnológica y visión creativa humana, la IA se convierte en una poderosa aliada para derribar barreras de comprensión, llevando la ciencia a un público amplio y diverso. Así, la ciencia se vuelve accesible, atractiva y relevante para todos, amplificando su impacto y fomentando una sociedad más informada y consciente.

Finalmente, no debemos olvidar que objetivo principal de la ciencia y el arte es acercarse a la sociedad.

8. REFERENCIAS

1. Fuente, M. de la. (2020). Antes de la novela gráfica. Clásicos del cómic en la prensa norteamericana, José Manuel Trabado. EU-topías. Revista de interculturalidad, comunicación y estudios europeos, 1(0), Article 0. <https://doi.org/10.7203/eutopias.1.18499>
2. Fuentes, G. V. (2014). Breve historia del cómic. Nowtilus. Recuperado de <https://www.brevehistoria.com/descargas/FragmentoBhComic.pdf>
3. Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Actualizado el 29 de enero de 2018. Cómic - Qué es, definición y concepto. <https://definicion.de/comic/>
4. Farías, G. (2024, enero 16). Concepto de Cómic. <https://concepto.de/comic/>
5. Fuente, M. de la. (2020). Antes de la novela gráfica. Clásicos del cómic en la prensa norteamericana, José Manuel Trabado. EU-topías. Revista de interculturalidad, comunicación y estudios europeos, 1(0), Article 0. <https://doi.org/10.7203/eutopias.1.18499>
6. Tatalovic, M. (2009). Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study JCOM 8(04), A02. <https://doi.org/10.22323/2.08040202>
7. McAllister, M., & Sewell, E. (2001). Introducing Comics and Ideology. https://www.academia.edu/31384777/Introducing_Comics_and_Ideology
8. Ndalianis, A. (2011). Why Comics Studies? Cinema Journal, 50(3), 113-117. <https://doi.org/10.1353/cj.2011.0027>
9. García, J. C. P., & Pérez, P. (mayo del 2019). El “arte en el cómic” La influencia de las bellas artes en las viñetas.
10. JIMÉNEZ, J., & Jiménez, J. (2023, abril 28). «Gasoline Alley», la centenaria obra maestra del cómic que transcurre en tiempo real, por primera vez en España. RTVE.es. <https://www.rtve.es/noticias/20230428/gasoline-alley-obra-maestra-del-comic-por-primera-vez-espana/2439089>.
11. Jiménez J. (2024, abril 8). Las claves de «El Príncipe Valiente», la obra maestra de Harold Foster. RTVE.es <https://www.rtve.es/noticias/20240408/claves-principe-valiente-obra-maestra-harold-foster/16035136.shtml>
12. Guenther, L., & Joubert, M. (2017). Science communication as a field of research: Identifying trends, challenges and gaps by analysing research papers. Journal of Science Communication, 16(2), A02. <https://doi.org/10.22323/2.16020202>
13. Tappan V., Martha y Alboukrek, Aarón (1992). "El discurso de la divulgación de la ciencia". En Ciencia, núm. 43, Academia de la Investigación Científica, México, pp. 273-278.
14. Lozada Chavez, Irma. (s,f). Disponible en <http://www.divulgacion.ccg.unam.mx/panel/8/divulgaci%C3%B3n-cient%C3%ADfica>

15. Sánchez M., Ana María (1995). "Sobre la elaboración de artículos de divulgación científica. IV. El lector y el texto". En Ciencia, núm. 46, Academia de la Investigación Científica, México, pp. 9-14.
16. Sánchez M., Ana María (2002). "Guía para el divulgador atribulado I: Enseñanza y aprendizaje de la divulgación". En El Muégano Divulgador, núm. 17. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México, pp. 4-5
17. Berruecos V., M. de L. (2007). La producción discursiva de la ciencia. Argumentos Estudios críticos De La Sociedad, (23), 93–108. Recuperado a partir de <https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/article/view/740>
18. Trigo-Rodríguez, J. M. El joven científico frente a la divulgación: estrategias contra la precariedad <https://generales.uprrp.edu/divulgacionfeg/wp-content/uploads/sites/23/2020/01/Trigo.pdf>
19. Fuente, M. de la. (2020). Antes de la novela gráfica. Clásicos del cómic en la prensa norteamericana, José Manuel Trabado. EU-topías. Revista de interculturalidad, comunicación y estudios europeos, 1(0), Article 0. <https://doi.org/10.7203/eutopias.1.18499>
20. Poltronieri, F. A., & Hänska, M. (2019). Technical Images and Visual Art in the Era of Artificial Intelligence: From GOF AI to GANs. Proceedings of the 9th International Conference on Digital and Interactive Arts, 1-8. <https://doi.org/10.1145/3359852.3359865>
21. Poltronieri, F. A., & Hänska, M. (2019). Technical Images and Visual Art in the Era of Artificial Intelligence: From GOF AI to GANs. Proceedings of the 9th International Conference on Digital and Interactive Arts, 1-8. <https://doi.org/10.1145/3359852.3359865>
22. Cao, Y., Li, S., Liu, Y., Yan, Z., Dai, Y., Yu, P. S., & Sun, L. (2023). A Comprehensive Survey of AI-Generated Content (AIGC): A History of Generative AI from GAN to ChatGPT (arXiv:2303.04226). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2303.04226>
23. Maerten, A.-S., & Soydaner, D. (2023). From paintbrush to pixel: A review of deep neural networks in AI-generated art (arXiv:2302.10913). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2302.10913>
24. Bie, F., Yang, Y., Zhou, Z., Ghanem, A., Zhang, M., Yao, Z., Wu, X., Holmes, C., Golnari, P., Clifton, D. A., He, Y., Tao, D., & Song, S. L. (2023). RenAIssance: A Survey into AI Text-to-Image Generation in the Era of Large Model (arXiv:2309.00810). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.00810>
25. Meskó, B. (2023). Prompt Engineering as an Important Emerging Skill for Medical Professionals: Tutorial (Preprint). <https://doi.org/10.2196/preprints.50638>
26. Sahoo, P., Singh, A. K., Saha, S., Jain, V., Mondal, S., & Chadha, A. (2024). A Systematic Survey of Prompt Engineering in Large Language Models: Techniques and Applications (arXiv:2402.07927). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.07927>

27. Betker, J., Goh, G., Jing, L., Brooks, T., Wang, J., Li, L., Ouyang, L., Zhuang, J., Lee, J., Guo, Y., Manassra, W., Dhariwal, P., Chu, C., Jiao, Y., & Ramesh, A. (s. f.). Improving Image Generation with Better Captions.
28. Sidehustlingmother. (2024, abril 20). Exploring Leonardo AI: A Comprehensive Review. Medium. <https://medium.com/@sidehustlingmother/exploring-leonardo-ai-a-comprehensive-review-76ebde30dbd6>
29. OpenAI, Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L., Akkaya, I., Aleman, F. L., Almeida, D., Altenschmidt, J., Altman, S., Anadkat, S., Avila, R., Babuschkin, I., Balaji, S., Balcom, V., Baltescu, P., Bao, H., Bavarian, M., Belgum, J., ... Zoph, B. (2024). GPT-4 Technical Report (arXiv:2303.08774). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774>
30. Stricker, K. (2024). What is a Graphical Abstract and Why Do I Need One for My Paper? Springer Nature Research Solutions. <https://solutions.springernature.com/blogs/visibility/what-is-a-graphical-abstract-and-why-do-i-need-one-for-my-paper>

9. ANEXOS

ANEXO 1. Lista de artículos y sus indicaciones para la generación de imágenes.

Ambas instrucciones fueron creadas utilizando ChatGPT. El título se refiere al artículo científico utilizado para el estudio. La Instrucción 3 se refiere a la lista de palabras clave, mientras que la Instrucción 4 fue generada automáticamente.

Title	Prompt 3	Prompt 4
Preparation and Cultivation of Colonic and Small Intestinal Murine Organoids Including Analysis of Gene Expression and Organoid Viability (Klemke et al., 2022)	Organoids, three-dimensional structures, different cell types, 2D cell culture techniques, small intestinal, colonic epithelial organoids, colonic tumor organoids, chemical colorectal cancer, mouse model, the culture medium, intestinal stem cell niche, pharmacological effects, tumor selectivity of drugs	Creates a visual representation that highlights the 3D complexity of organoids. Uses graphics to illustrate the different cells present in organoids and how these structures overcome the limitations of conventional 2D cell culture techniques. Depicts the culture process of paired murine organoids, showing the removal of intestinal crypts or tumor tissue from a donor mouse and their subsequent culture in Matrigel. It uses icons or illustrations to visualize the enrichment of the culture medium with various growth factors that model the intestinal stem cell niche, enabling cell self-renewal and differentiation. In addition, it highlights how paired organoids enable the analysis of pharmacological effects and drug selectivity in the treatment of colorectal cancer.
Generation, Maintenance and HBV Infection of Human Liver Organoids (Romal et al., 2022)	Hepatitis B virus, infecting approximately 400 million people worldwide, preventive vaccine and anti-viral therapies, infection, liver cirrhosis and hepatocellular carcinoma, in vitro model for the study of the molecular mechanisms, human liver organoids as a platform for modeling HBV infection, tumorigenesis, liver biopsies, growth factors, hepatocytes, infection the novel in vitro pathogenesis and drug screening, personalized medicine, liver diseases.	Create visuals showcasing human liver organoids as a groundbreaking model for studying Hepatitis B virus (HBV) infection and associated tumorigenesis. Illustrate the cultivation, expansion, and differentiation of organoids from healthy and cirrhotic liver biopsies, emphasizing their susceptibility to recombinant HBV. Design graphics highlighting the model's significance in understanding HBV pathogenesis, drug screening, personalized medicine, and modeling hepatocellular carcinoma (HCC) and other liver diseases.

Modeling neurodegenerative diseases with cerebral organoids and other three-dimensional culture systems: focus on Alzheimer's disease (Venkataraman et al., 2022)	Neurodegenerative diseases, Alzheimer's disease, Parkinson's disease, Frontotemporal dementia, Amyotrophic lateral sclerosis, Huntington's disease, Proteinaceous assemblies, Brain damage, 3D culture systems, Cerebral organoids, Human induced pluripotent stem cells, FTD, Drug discovery	Create visuals illustrating the landscape of neurodegenerative diseases (NDs), including Alzheimer's, Parkinson's, frontotemporal dementia, amyotrophic lateral sclerosis, and Huntington's. Depict the progressive accumulation of abnormal protein assemblies in specific brain regions, leading to dysfunction and damage. Contrast the limitations of animal and in vitro studies in identifying treatments with the potential of three-dimensional (3D) culture systems. Showcase the advantages of cerebral organoids derived from human induced pluripotent stem cells in modeling NDs in a complex, tissue-like environment. Present a graphical abstract highlighting the key points, challenges, and future directions discussed in the review, emphasizing the role of state-of-the-art technologies in unraveling ND mechanisms and expediting drug discovery.
Generation and Maintenance of Homogeneous Human Midbrain Organoids (Renner, Grabos, et al., 2021)	Three-dimensional cell cultures, Organoids, Native tissue physiology, 2D cultures, Disease modeling, Compound screening, Neural organoids, Protocols, Manual handling, Heterogeneous aggregates, Sample-to-sample variation, Screening-based strategies, Midbrain organoids, Automated workflows, small molecule neural precursor cells, 96-well V-bottomed plates, Static culture conditions, Matrix embedding, Ready-to-assay, Downstream analyses, 3D cell culture.	Create visuals depicting the evolution from traditional 2D cell cultures to advanced three-dimensional (3D) organoids, emphasizing their potential for better recapitulating native tissue physiology. Illustrate the challenges in existing protocols for neural organoid generation, portraying manual handling and heterogeneous aggregates. Showcase the innovation of a streamlined, fast, and efficient protocol for highly homogeneous and reproducible midbrain organoids. Use graphics to highlight the adaptability of the protocol for both fully automated workflows and manual execution without specialized equipment. Visualize the aggregation of small molecule neural precursor cells (smNPCs) in standard 96-well V-bottomed plates under static culture conditions, eliminating the need for cumbersome matrix embedding. Create images showcasing the outcome: ready-to-assay uniform 3D human midbrain organoids, emphasizing their scalability for downstream analyses in 3D cell culture.
Low-viscosity Matrix Suspension Culture for Human	Colorectal epithelium, Cancer tissue, Organoids, Tumoroids, Diseases of the large	Create visuals showcasing the shift from traditional dome culture to innovative low-viscosity matrix (LVM) suspension for

Colorectal Epithelial Organoids and Tumoroids (Tan et al., 2022)	intestine, Patient-derived, Extracellular matrix, Scalable expansion, Experimentation, High-throughput screening, Protocol, Low-viscosity matrix, Suspension culture, Colonic crypts, Tumor fragments, Labor, Cost, Passaging, Rapid expansion, High-throughput screening	growing patient-derived colorectal organoids and tumoroids. Illustrate the suspension of colonic crypts or tumor fragments in a medium with a low ECM percentage, highlighting benefits such as reduced labor, cost, and adaptability for high-throughput screening. Contrast the limitations of dome cultures, emphasizing the transformative impact of LVM suspension on scalability and experimentation in colorectal disease studies.
Establishing Bipotential Human Lung Organoid Culture System and Differentiation to Generate Mature Alveolar and Airway Organoids (Chiu et al., 2023)	In vitro model, Human respiratory epithelium, Alveolar, Airway, Protocol, Bidirectional differentiation, Mature alveolar, Organoids, Long-term expansion, Morphologically and functionally, Near-physiological level, Bipotential organoid culture system, Respiratory epithelial cells, Stable and renewable source, Culture dishes, Respiratory organoid system, Viral infection, Disease modeling, Drug screening, pre-clinical testing	Create visuals illustrating the two-phase bipotential organoid culture system for human respiratory epithelium. Depict the derivation and bidirectional differentiation of lung organoids, emphasizing consecutive expansion for over a year with stability. Showcase the morphological and functional simulation of alveolar and airway epithelium. Highlight the system's significance in long-term expansion, bidirectional differentiation, and as a source for respiratory epithelial cells. Illustrate applications, including viral infection study, disease modeling, drug screening, and pre-clinical testing.
Fluorescence-based Single-cell Analysis of Whole-mount-stained and Cleared Microtissues and Organoids for High Throughput Screening (Renner, Otto, et al., 2021)	Three-dimensional (3D) cell culture, Organ-like microtissues, Organoids, Immunohistochemical analysis, Native niche, 3D context, Automated workflows, Parallel processing, High-throughput applications, Tissue-clearing, Optical analysis, Large-scale, Single-cell level resolution, Manual, High-throughput, Automated liquid handling systems, Phenotypic discovery, Cellular behaviors, 3D cell culture-based, High-throughput screens	Visualize the shift from 2D to 3D cell culture using organoids for better mimicking human tissue. Depict challenges in traditional sectioning for immunohistochemical analysis and introduce a novel protocol for high-throughput, single-cell resolution imaging of large 3D tissues. Illustrate the protocol's simplicity, scalability, and compatibility with automation, highlighting successful application to human brain organoids. Showcase its potential for uncovering cellular behaviors in 3D high-throughput screens.
Intestinal Models for Personalized	Intestinal dysfunction, Specific genes, Microbiota,	Visualize the need for personalized intestinal medicine due to diverse factors. Show the

Medicine: from Conventional Models to Microfluidic Primary Intestine-on-a-chip (Li et al., 2022)	Microenvironmental factors, Intestinal physiology, Intestinal pathology, Personalized therapeutic strategies, Simulated intestine model, Intestinal mucosa, Columnar epithelial cells, Intestinal stem cells, In vivo microenvironments, Drug screening, dimensional models, Intestinal organoid models, Microfluidic intestine-on-a-chip (IOAC) models, Technological strategies, Microengineered intestine device, Fluidic flow, Peristalsis-like motions, Host-microbe crosstalk, Multi-cell type interactions, Genetic editing, Monitoring sensors, High-throughput, Pharmaceutical studies, Future applications, Challenges, Cell biology, Biomaterials, Tissue engineering, Personalized medicine)	complexity of the mature human intestinal mucosa and the challenge of mimicking in vivo environments. Compare models and propose an advanced microfluidic intestine-on-a-chip (IOAC) for personalized drug screening. Illustrate the co-culture of primary intestinal stem cells and the microbiome, simulating fluidic flow, peristalsis, and multi-cell interactions. Emphasize genetic editing, monitoring sensors, and high-throughput capabilities. Highlight the microfluidic platform's potential applications and challenges in advancing personalized medicine.
Production of Phenotypically Uniform Human Cerebral Organoids from Pluripotent Stem Cells (Sivitilli et al., 2021)	Stem cell technology, Cerebral organoids, Human pluripotent stem cells, 3D context, Neurological questions, Genetic engineering, High resolution microscopy, Tissue transcriptomics, Variations, Morphology, Cellular composition, Embryoid body, Neural induction, reproducibly generated, Uniform size, Shape, Electrophysiologically active neurons, Oligodendrocyte progenitors, Experimental model, Human brain development, Associated disorders	Visualize stem cell advancements creating consistent 3D cerebral organoids (COs) from human pluripotent stem cells. Showcase the potential of COs to model the developing human brain using genetic engineering, microscopy, and transcriptomics. Highlight the challenge of variability and the establishment of a robust protocol for uniform COs. Illustrate the maturation of COs over 3–6 months, featuring active neurons and oligodendrocyte progenitors. Emphasize the platform's utility for studying human brain development and associated disorders, showcasing its potential in neuroscience research.

A Robust Mammary Organoid System to Model Lactation and Involution-like Processes (Charifou et al., 2021)	Mammary gland, Tissue development, Reproductive life, Puberty, Pregnancy, Involution, Mammary gland tumors, Breast cancer, Regulatory mechanisms, Dysregulation, Three-dimensional mammary organoids, Lactation, Ex vivo, Fibroblast growth factor 2, Prolactin, Postnatal mammary gland development, Postpartum-associated breast cancer	Visualize mammary gland dynamics and its link to breast cancer. Highlight the importance of understanding regulatory mechanisms. Showcase the potential of 3D mammary organoids for studying tissue development and breast cancer. Illustrate the 3D organoid system, emphasizing its use in modeling mammary gland lactation and involution cycles. Emphasize its value in studying postnatal mammary gland development and breast cancer, particularly postpartum-associated cancer.
From 3D to 2D: Harmonization of Protocols for Two-dimensional Cultures on Cell Culture Inserts of Intestinal Organoids from Various Species (Warschkau et al., 2022)	Intestinal organoid research, Three-dimensional organoid-derived cell cultures, Two-dimensional organoid-derived monolayers, Infection research, Physiological processes, Tissue barrier functions, Pathogens, Luminal and basolateral cell surface, Publications, Protocols, Media compositions, Organoid manipulation, Seeding conditions, Electrophysiologically tight epithelial barriers, Reproducible results, Alternative cell culture models	Visualize the evolution of intestinal organoid research and the rise of two-dimensional organoid-derived monolayers for infection studies. Illustrate challenges in diverse protocols and propose a harmonized protocol for three-dimensional organoids, creating reproducible monolayers with tight epithelial barriers. Encourage researchers to adopt these models for simplified comparisons and alternative cell culture options.

ANEXO 2. Referencias bibliográficas para el análisis de abstracts gráficos

1. Charifou, E., Günther, S., & Brisken, C. (2021). A robust mammary organoid system to model lactation and involution-like processes. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, 9, 656870. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.656870>
2. Chiu, M. C., Yang, Z., Wong, R. S., & Huang, J. D. (2023). Establishing bipotential human lung organoid culture system and differentiation to generate mature alveolar and airway organoids. **Nature Protocols**, 18(1), 113-130. <https://doi.org/10.1038/s41596-022-00726-1>
3. Klemke, M., Hoppe, T., Melms, J. C., & Gerlach, J. Q. (2022). Preparation and cultivation of colonic and small intestinal murine organoids including analysis of gene expression and organoid viability. **Journal of Visualized Experiments**, (175), e62695. <https://doi.org/10.3791/62695>
4. Li, Y., Wu, Q., Wang, Y., & Li, W. (2022). Intestinal models for personalized medicine: From conventional models to microfluidic primary intestine-on-a-chip. **Bioengineering & Translational Medicine**, 7(1), e10272. <https://doi.org/10.1002/btm2.10272>
5. Renner, H., Grabos, M., Becker, K. J., Kagermeier, T. E., Wu, J., Otto, M., ... & Lancaster, M. A. (2021). Generation and maintenance of homogeneous human midbrain organoids. **Nature Communications**, 12(1), 1145. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21492-2>
6. Renner, H., Otto, M., & Lancaster, M. A. (2021). Fluorescence-based single-cell analysis of whole-mount-stained and cleared microtissues and organoids for high throughput screening. **Nature Protocols**, 16(4), 2228-2249. <https://doi.org/10.1038/s41596-021-00484-7>
7. Romal, S., Schmeckebier, B., & Krammer, H. (2022). Generation, maintenance and HBV infection of human liver organoids. **Journal of Hepatology**, 77(2), 356-367. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2022.03.017>
8. Sivitilli, A., Eze, U. C., Gopalakrishnan, J., & Lanphear, D. (2021). Production of phenotypically uniform human cerebral organoids from pluripotent stem cells. **Nature Protocols**, 16(2), 698-728. <https://doi.org/10.1038/s41596-020-00463-6>
9. Tan, H. L., LaPaglia, M. P., Jaffe, A. E., & Karim, R. Z. (2022). Low-viscosity matrix suspension culture for human colorectal epithelial organoids and tumoroids. **Nature Communications**, 13(1), 1458. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29121-1>
10. Venkataraman, L., Nakano, M., Kurosawa, M., & Noguchi, A. (2022). Modeling neurodegenerative diseases with cerebral organoids and other three-dimensional culture systems: Focus on Alzheimer's disease. **Molecular Psychiatry**, 27(3), 1237-1251. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01421-1>
11. Warschkau, D., Boller, J., & Wagner, A. (2022). From 3D to 2D: Harmonization of protocols for two-dimensional cultures on cell culture inserts of intestinal organoids from various species. **Scientific Reports**, 12(1), 4567. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08567-1>

ANEXO 3. Guión literario de la tira cómica

- Temporalidad: 30 años en el futuro desde el año 2022 es decir año 2052.
- Contexto sociocultural, socioeconómico, en el que se desarrolla la tira cómica:

Descripción general del mundo y los escenarios

La historia se va a desarrollar en el planeta tierra en el año 2050, en futuro no muy lejano tomando en cuenta que faltan 30 años, por lo que haciendo una extrapolación se podría decir que no va a haber muchos cambios notables en cuanto a la sociedad y su estructura económica y política, los avances más notables y significativos serán en ciencia, tecnología y costumbres sociales. Situándonos en la fecha establecida como presente

Economía

La economía siguió siendo como en los últimos 50 años un sistema económico capitalista basado principalmente en una economía de mercado, en donde la producción, distribución, consumo de bienes y servicios han dependido de la oferta y la demanda, se prioriza la propiedad privada, la libre empresa y la búsqueda del beneficio económico. Muchos de los países manejan una economía mixta, donde existe una combinación de libre mercado y cierta intervención del gobierno para regular y controlar ciertos aspectos económicos. El gobierno suele desempeñar un papel en la provisión de servicios públicos, la regulación de los mercados, la protección del medio ambiente y la promoción del bienestar social. La globalización ha facilitado la interconexión y la interdependencia de las economías en todo el mundo. Esto ha llevado a un aumento en el comercio internacional, la inversión extranjera y la movilidad de los recursos.

Ecosistema y Medio ambiente

El ecosistema parece mejorar luego de las medidas de los principales gobiernos para mejorar y detener el calentamiento global, la reducción, la reutilización y el reciclaje parece haber funcionado bien. Los climas son ahora más definidos y estables. Se ha forzado a casi todos los países a dejar de lado los combustibles fósiles y utilizar alternativas más sustentables, comenzando por la unión europea y los países de Asia seguidos por los países de medio oriente, esto en parte por la escasez de los mismos. Casi el 80% de los vehículos automotrices dejaron de usar motores de combustión interna como fuente principal de energía, ahora cuentan con baterías eléctricas mismas que en su mayoría son recargadas por energía solar, aunque también pueden ser cargadas con energía eléctrica. Se utilizan las energías solar y eólica como fuente principal para generar electricidad, ocupando principalmente la solar en edificios.

Ciudades y viviendas

Las ciudades y los edificios no han sufrido muchos cambios en estos últimos 30 años, es decir siguieron con la tendencia arquitectónica de la optimización de espacios y el crecimiento de manera vertical,

existen muchos condominios y departamentos en edificios con nuevas tecnologías como sistemas inteligentes, ya que ahora desde abrir la llave hasta el riego de jardines o limpieza de las ventanas esta automatizado puede ser dirigido mediante la voz. La iluminación dentro de las casas es en su totalidad tecnología led en paneles que pueden ser puestos a decisión del dueño desde el piso, pasando por las paredes hasta los techos y ventanas, las pantallas de televisión y computadoras ahora son pequeños cubos de entre 2 y 5 cm colocados en las 4 esquinas del cuadro o rectángulo dependiendo el tipo de pantalla que quieras y necesites, cada paquete de 4 indica el tamaño máximo de la pantalla y que pues colocar sobre ventanas, marcos con vidrio, cuadros, paredes, pizarrones y prácticamente cualquier superficie donde se pueda proyectar.

Vehículos, caminos y calles

Las calles y carreteras a simple vista siguen siendo las mismas, sin embargo los materiales y estructuras de estas no, ahora cuentan con un sistema de filtración de agua por medio de los poros del mismo material misma que es acumulada y redirigida a plantas de tratamiento para su posterior embotellamiento y consumo, así mismo el material crea un regulador en donde el calor y los rayos del sol son absorbidos y distribuidos en forma de electricidad para el alumbrado público, semáforos y puestos de abastecimiento para el transporte público eléctrico, así como en algunas ciudades puestos de carga para motocicletas y vehículos. Estos mismos han avanzado mucho en cuanto seguridad, ahora cuentan con manejo inteligente automático, respuesta automática a la proximidad y cercanía, limitadores de velocidad que son escaneados y reconocidos por los vehículos y que se encuentran marcados en las diferentes calles dependiendo la zona y tipo de calle donde te encuentras, lo mismo para las autopistas y carreteras en cuanto empieza el camino el escáner detecta el código que se encuentra en dicho camino y no te permite pasar de la velocidad máxima destinada para ese camino, cabe aclarar que si bien esto está establecido mayormente en autopistas carreteras, calles principales y zonas escolares así como zonas de hospitales, no todas las calles cuentan con eso, entre ellas algunos caminos rurales o antiguos.

Hospitales y servicios médicos

En cuanto a la hospitalización y tratamiento de enfermedades, si bien los hospitales en estructura y diseño siguen siendo funcionales ahora también están equipados con la más alta tecnología en cuanto a IA (Inteligencia Artificial) ya que en su mayoría los casos son atendidos y tratados por herramientas y robots operados por las mismas, siendo ya muy pocos los médicos que más a manera de supervisión y revisión están en los mismos, estos sistemas están implementados también en las ambulancias ya que incluso se han realizado pruebas con éxito en las que ya no se requiere personal humano para el manejo de las mismas, dejando solo a un técnico que es el que va supervisando el trabajo de las IAs.

En el año 2050, la tecnología en el ámbito al nacer una persona, se realiza un procedimiento en el que se abre una vía de conexión directa

al sistema nervioso a través del bulbo olfatorio y que mantiene un puerto de fácil acceso al cerebro. Es un procedimiento clínico, común y de rutina que permite el monitoreo de variables y procesos fisiológicos para fines de diagnóstico, prevención y tratamiento.

Existen hasta 4 tipos de conexiones diferentes **STCP** por sus siglas en ingles *synaptic transfer communication port* que se pueden realizar cada una utiliza la nomenclatura ya mencionada más un tipo (type) dependiendo de donde está colocada la conexión.

Nariz- es la más común e incluso de recién nacidos se les pregunta a los padres si están de acuerdo en que se realice este procedimiento para dejar lista la conexión se utiliza con fines médicos para -----
--- se identifica como tipo N por las siglas en ingles de nariz (nose)- **STCP-TypeN**.

Oído- principalmente utilizado para----- se identifica como tipo ER por las siglas en ingles de oído (ears)- **STCP-TypeER**.

Ojos-principalmente utilizado para ----- se identifica como tipo EY por las siglas en ingles de ojo (eye)- **STCP-TypeEY**.

Espina- principalmente utilizado para ----- se identifica como tipo S por las siglas en ingles de espina dorsal (spine)- **STCP-TypeS**.

Este tipo de conexiones puede ser aprovechada con propósitos distintos: por un lado, se crea un mercado de cerebroides para desarrollar habilidades especiales (mejorar atención, tipos de memoria, aprendizaje de idiomas...) y por otro se crea un nuevo uso como forma de estupefaciente al emplear estos cerebroides de forma tal que al conectarse alteran la actividad de cortezas sensoriales específicas generando experiencias perceptuales extraordinarias.

Escuelas y centros de estudio

Existen aún como tal los institutos y centros educativos sin embargo, el sistema en estos ha sido modificado por un sistema de dirección y tutorías tanto en el ámbito de las humanidades como de la ciencias, los alumnos desde los 6 años reciben un programa de estudio avalado que es presentado por medio de IAs las cuales se encargan de llevar las actividades correspondientes, durante el periodo dependiendo de los temas el nivel y la institución, los alumnos llevan un tutor o director de proyectos estos si encabezados por humanos, doctores, ingenieros y gentes especializadas en los temas de acuerdo a la materia con quien se enseñan a presentar y discutir los proyectos y resultados.

- Escenarios

Escenarios dentro del estado inconsciente

Una vez que nuestra protagonista es puesta en un coma inducido debido al tratamiento, ella emprende un viaje dentro de su mente, aquí es donde relacionaremos los estados de la conciencia que tendrá que ir recorriendo y reconectando, el mapa general de la mente de Alejandra es basado en un laberinto perplexus con diferentes capas en un movimiento constante lento pero constante en donde cada nivel o círculo

del infierno será una capa laberíntica y la reconexión de la conciencia será el punto en el que ella cruce hacia cada capa dejando así por medio de las puertas las conexiones establecidas ya fijas.

ANEXO 4. Diseño de personajes

- Ficha y descripción de personajes. Contamos con 3 personajes principales:

1.-Alejandra - Protagonista

Fecha de nacimiento: 25 de noviembre del año 2032

En la historia es una adolescente de entre 17 y 18 años quien debido a un mal uso del cerebroide cae en un estado inconsciente y del cual debe despertar reconstruyendo sus procesos y conexiones neuronales, le gusta el cine, en especial el género del terror,

Descripción Física:

Mujer adolescente joven de 16 años a punto de cumplir los 17, de complexión delgada pero atlética, pues ha practicado deportes desde los 12 años en especial atletismo, mide 1.68m tez caucásica inclinándose a morena, cabello corto al cuello con un partido en medio aunque suele cambiárselo de tamaño por temporadas, su color natural es castaño claro pero suele traerlo en colores verde, rosa o morado, sus ojos son café claro pero suele cambiárselos de color a verde o azul turquesa suele vestir de jean o shorts de mezclilla, también usa blusas sin mangas en colores claros, esta apariencia en el mundo de su mente se va a mantener como base sin embargo va a cambiar y hasta a perderse de pronto depende el círculo en el que se encuentre.

2.-Virgilia - Coprotagonista

Diseñada y manufacturada por la empresa **B.I.L.Corp.** es un modelo que se actualiza cada año en los periodos de febrero-abril.

En el mundo real es una IA dentro de un robot que está especializada en el diagnóstico y tratamiento de lesiones cerebrales el modelo del robot en el que opera la IA B.G.R (Brain General/Generative Relief) O B.G.L. (Brain Generative Layer) como en el caso de la 'sobredosis' provocado por el malfuncionamiento de un cerebroide.

En el mundo dentro de la mente de Alejandra ella va a ir tomando diferentes formas ahí actuara como una guía y mentora.

Descripción física:

En el mundo real al ser ella una Inteligencia Artificial es un ser incorpóreo que utiliza herramientas del hospital para hacer el trabajo físico, una de ellas y la que más utiliza es un cuerpo humanoide constituido de un torso de la parte del esternón para arriba (del ombligo para arriba) simulando un cuerpo humano, con 2 brazos, cuello y cabeza con ojos, pero sin boca ni orejas sus ojos están compuestos por 2 sensores que también funciona como scanner y lámpara.

En el mundo del sueño/inconsciente Virgilia va tomando diferentes formas, sin embargo, cada una de ellas permanecen en género femenino, esto debido a que la voz que utiliza la IA en el mundo real es femenina, de las primeras formas con las que se aparece es la de una mujer Alta, una guerrera con traje ceremonial blanco, de tez morena, cabello largo, oscuro y rizado, de ojos claros y mirada penetrante, ella porta una lanza como arma.

3.-La forma - Antagonista

Es un ente amorfo creado por la información cerebral de la persona que lo utilizó antes este se filtra al sistema nervioso de Alejandra buscando hacerse de sus propios procesos cognitivos y desarrollar habilidades para formarse una identidad propia apropiándose del organismo, no es un ente malvado como tal solo que va naturalmente va a buscar conectarse es decir buscar lo mismo que Alejandra.

ANEXO 5. Resumen volumen 1 de la tira cómica

1° Tomo: La caída de la conciencia

1.- Alejandra en el día a día, ¿quién es Alejandra?

Se presenta a la protagonista, también se presenta un poco de su rutina día a día, su entorno: su escuela, su casa, su familia, sus compañeros y sus amigos, mismos con los que más adelante en la historia se organiza una reunión donde va a probar el cerebroide.

2.-Accidente de Alejandra

Se presenta la escena de la fiesta donde Alejandra prueba el cerebroide que la lleva a caer inconsciente se muestra como es el edificio donde está el departamento del amigo de Alejandra, también como es el departamento donde se lleva a cabo la reunión. Algunas habitaciones, algunos cuartos y la sala principal donde se lleva a cabo toda la acción.

3.-Alejandra en el hospital

Luego de su accidente Alejandra es trasladada al hospital donde van a tratar su estado. Se muestra como es el hospital por fuera, algunos pasillos, el cuarto donde están atendiendo a Alejandra, ahí es donde conocemos a Virgilia, la inteligencia artificial encargada de atender el diagnóstico y tratamiento de lesiones cerebrales, también vemos la estructura robótica de Virgilia (B.G.R.)

4.- Alejandra a través del sueño

Alejandra despierta en el mundo de los sueños, en la primer esfera de las 9 que necesita recorrer para reconectar su conciencia, se muestra el paisaje de ese primer paisaje de la esfera que pertenece a sensación/transducción, se escucha una voz que le comienza a indicar por donde está el camino a seguir para salir de ese lugar, también le explica, mientras a nosotros se nos muestra como es la estructura de las 9 esferas, como están conectadas entre sí, se nos da una visión general de este universo, como funciona y el porqué, o el que representa.

5.-Alejandra, Virgilia y la forma

Luego de andar un tiempo por el círculo una voz que le habla y la sigue, hasta toparse con ella, se muestra la apariencia de Alejandra en el sueño y de Virgilia, Virgilia comienza a guiar a Alejandra en que es el lugar, también le indica lo que debe recorrer para reconectar esa esfera con la siguiente y poder avanzar. Mientras una figura misteriosa la cual repite todas las palabras de Alejandra como si de su sombra se tratara empieza a acecharlas.

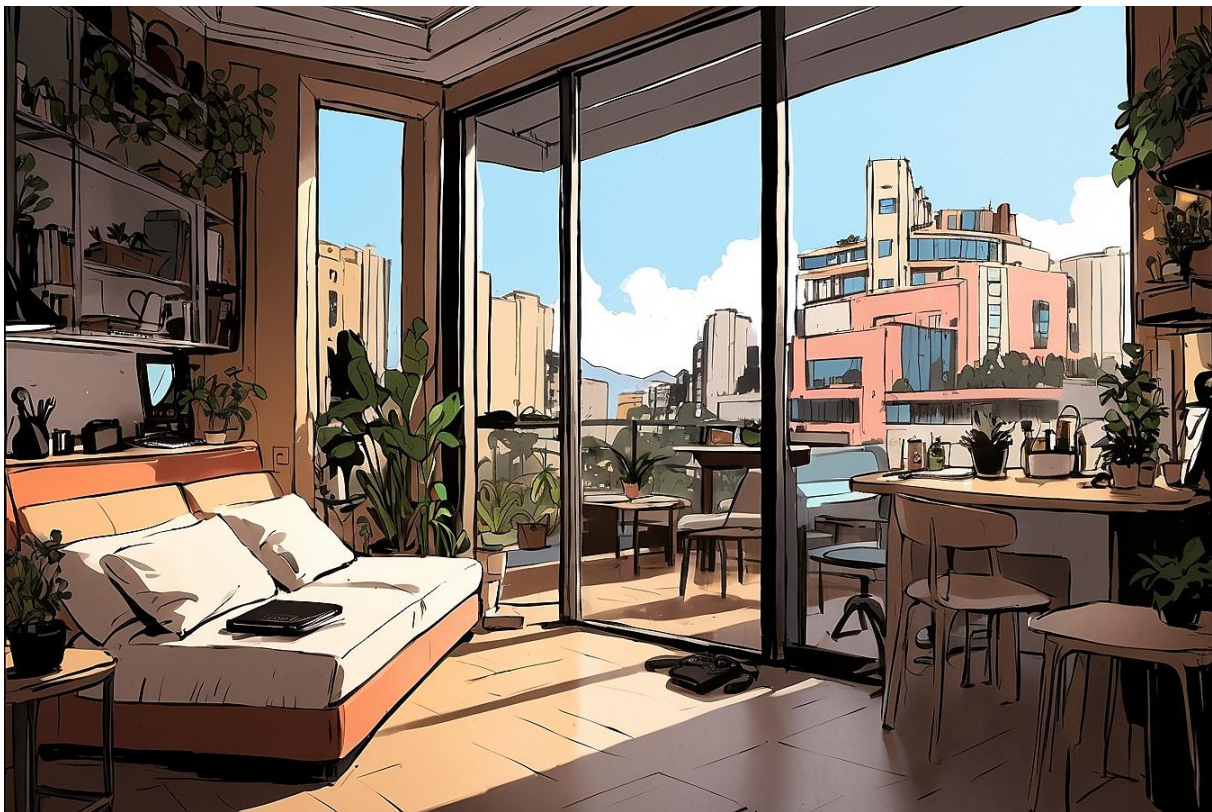
Fin del primer tomo.

ANEXO 6. Imágenes de personajes y escenarios generados con Inteligencia Artificial

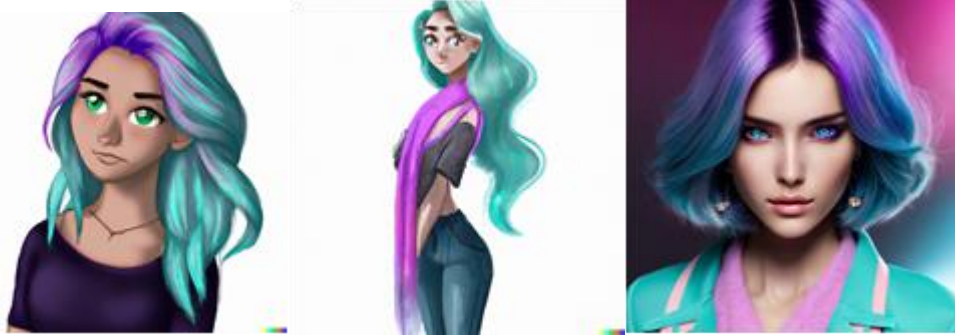
- Escenario: Círculos de la consciencia



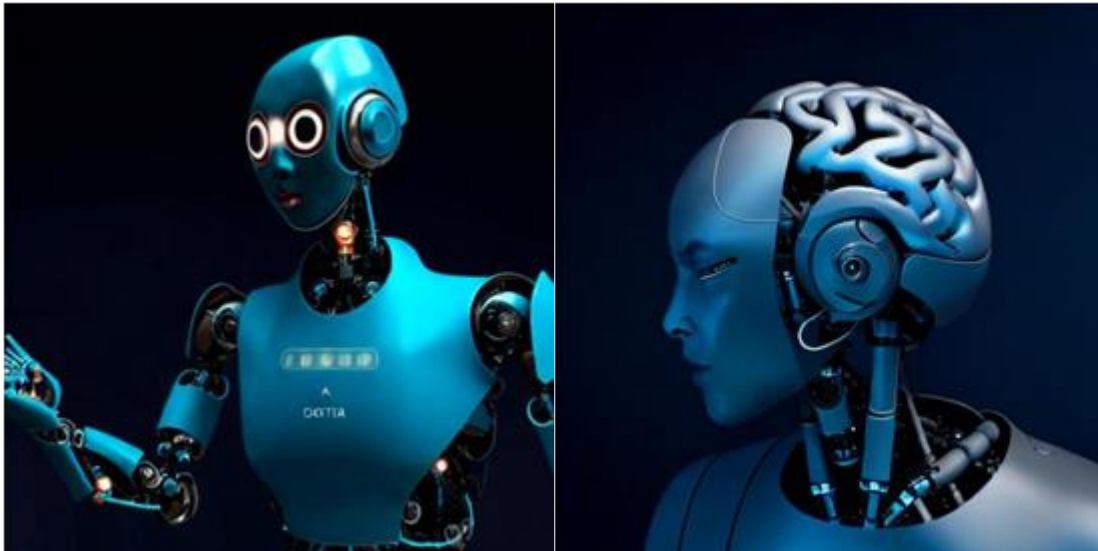
- Escenario: Ciudad del futuro



- Personaje: Alejandra



- Personaje: Virgilia en el mundo real



- Personaje: La forma "The shape"



ANEXO 7. Screenplay del video para la convocatoria de COECyTJal

Título: "Descubriendo la Frontera: Un Viaje Didáctico a través de la Inteligencia Artificial Generativa"

Título: Piloto de un comic producido con inteligencia artificial generativa para masificar el conocimiento de frontera en neurociencias y orientado a individuos jóvenes de nivel medio - superior

Escena 1: Introducción

Voz en off: en el Laboratorio de Innovación Biodigital de CUCEI, estamos trabajando en mejores maneras de conectar las artes visuales y el conocimiento científico.

Sucesión de imágenes del equipo de laboratorio de innovación biodigital, del logo y nombre del mismo, así como imágenes animadas generadas por IA mostrando un poco de las actividades que se realizan en el laboratorio.

Escena 2:

Voz en off: Hace poco demostramos que podemos transformar con IAs generativas y prompt engineering los textos científicos a imágenes atractivas que estimulan la imaginación.

Sucesión de imágenes del artículo, y de los abstracts-prompts-imágenes

Voz en off: Ahora queremos madurar este esfuerzo, como una herramienta para enseñarles a los chicos de preparatoria el conocimiento de frontera.

Sucesión imágenes animadas generadas por IA de un plano amplio de un aula de nivel medio-superior, con estudiantes y profesores preparándose para una clase.

Voz en off: "El conocimiento científico es complejo y con un nivel elevado de técnica. Lo que puede causar desinterés a la hora de ser transmitido".

Escena 3: Presentación del Tema

El profesor entra en el aula y les muestra a los alumnos que van a utilizar un comic para ver el siguiente tema. En la portada del comic se ve una ecuación y el dibujo de una molécula y se alcanza a ver que el título es "Comic de ciencia para dummies"

Voz en off: Para divulgar la ciencia, se han propuesto varias cosas interesantes y divertidas que permiten facilitar el acceso al conocimiento de frontera.

Los alumnos se interesan y se desinteresan rápidamente luego de una ojeada y botan de inmediato el cómic tradicional para regresar a sus teléfonos y pantallas

Voz en off: En la era digital actual, los jóvenes tienen más interés en los dispositivos digitales y en el contenido instantáneo.

Pero el Maestro les pide su atención y les entrega otro libro, en el que la portada se alcanza a leer "comic - prompts". Lo abre y hay puro texto. Los alumnos hacen cara de fuchi. El maestro copia el texto en la computadora y aparece una imagen [de las que nosotros hemos generado de nuestro cómic actual] y les cambia la cara a los

alumnos, algunos a sorpresa, otros a entusiasmo e interés, las imágenes cambian a un estilo de comic.

Voz en off: Por eso, en lugar de darle el cómic en físico, les vamos a dar los prompts para que ellos generen las imágenes con IA. Así cada chico vivirá su propia experiencia única, en cada vez que visite el comic.

Comienzan a meter ellos sus prompts a sus dispositivos electrónicos y empiezan a compartir las imágenes entre ellos mientras apuntan a sus pantallas, donde algunas de ellas muestran imágenes del cerebro, descripciones, gráficas y otros elementos científicos.

Voz en off: Con esto, cultivaremos el uso de las inteligencias artificiales generativas y la divulgación de temas científicos a través de multimedia que a la par de la investigación científica evoluciona continuamente.