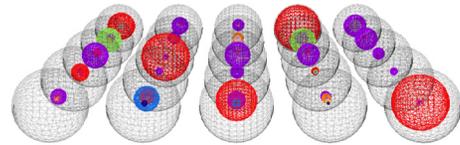
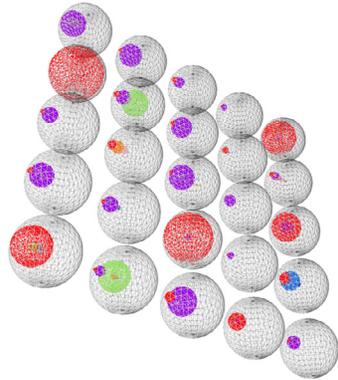
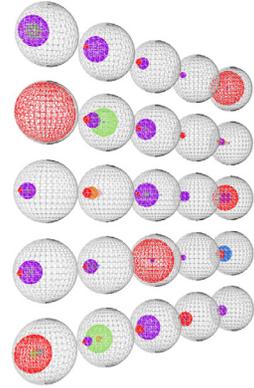
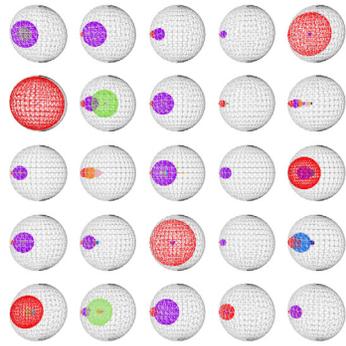


L I
H O

**Software de código abierto
para visualización inmersiva,
tridimensional y multivariable
de datos científicos.**

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

María Elisa Honorato Lira
Profesor Alejandro Durán Vargas
Julio de 2023, Santiago de Chile



0. Agradecimientos

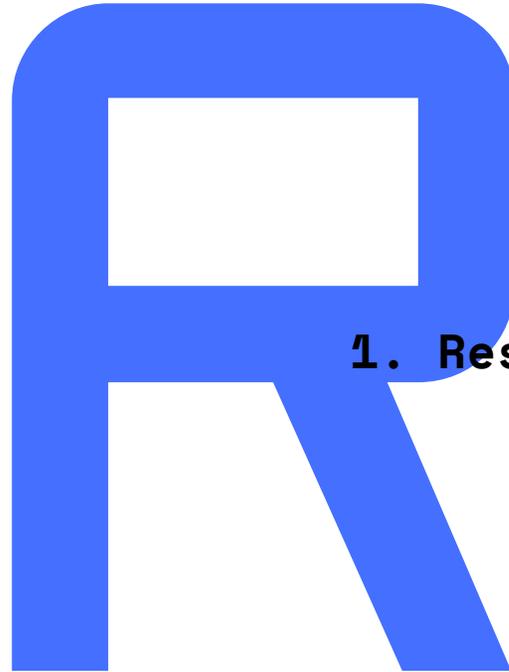
A mi papá y mamá, por toda la ayuda y motivación con este proyecto y por apoyarme desde el primer día con la carrera. A mi mamá en especial, por ser mi fiel ayudante, incluyendo varias tramos nocturnos, muchísimas ideas y sobre todo mucha paciencia.

Al resto de mi familia, amigas y amigos en general, por estar siempre dispuestos a escuchar con entusiasmo mis ideas, así como también aportar desde su lado con su visión y opiniones.

A mi profesor Alejandro, por los buenos consejos y por ser un gran guía, con sus ideas innovadoras y arriesgadas.

A todas mis amigas universitarias, por acompañarnos y compartir juntas no solo esta última etapa, sino todas las experiencias vividas durante estos 5 años. Mejor compañía no pude haber tenido.

1. Resumen Ejecutivo	5
Resumen del proyecto	
2. Introducción	7
Nuevos Desafíos del Método Científico	
Actual Estado del Conocimiento	
Caso de Estudio	
3. Descripción del Problema	12
Identificación del Problema	
Análisis detallado del Problema	
La Interactividad como Objetivo Proyectual	
4. Marco Teórico	17
Epistemología	
de la Visualización	
Reconocimiento de Patrones Visuales	
Visualización de Datos	
Teoría de la Gestalt	
Visualización 3D	
5. Estado del Arte	29
Antecedentes	
Patrón de Valor	
Referentes	
6. Contexto y Usuario	39
7. Formulación/Objetivos	41
8. Desarrollo del Proyecto	44
Requisitos del Software	
Arquitectura del Software	
Api y Servicios	
Desarrollo de Software	
9. Implementación	72
Mantenimiento	
Financiamiento	
Difusión	
Conclusiones Clave	
Principales logros	
Análisis FODA	
10. Bibliografía	78



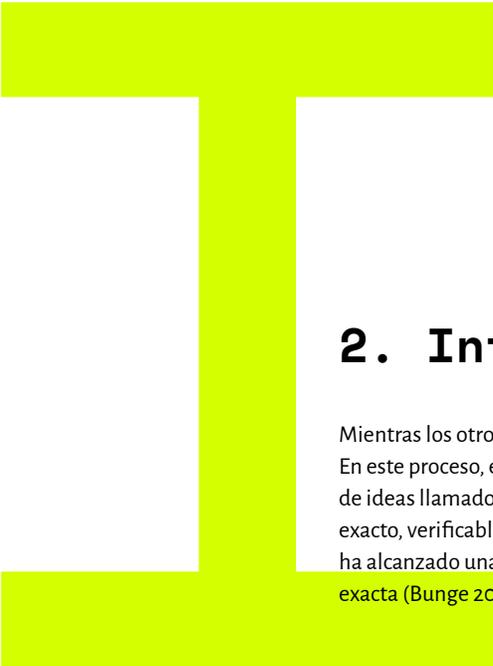
1. Resumen Ejecutivo

Resumen del proyecto

La proliferación de mecanismos automatizados de obtención de datos y el consecuente aumento en el tipo y magnitud de estas bases de datos (BBDDs) ha desencadenado un cambio en el paradigma epistemológico sobre la obtención del conocimiento científico. El método tradicional de teoría basada en hipótesis, experimentos y simulaciones avanza hacia una ciencia exploratoria intensiva en información y basada en datos. La cantidad de investigaciones publicadas y su diversidad disciplinar van más allá de lo que los expertos de un campo determinado pueden razonar. Sin embargo, es común encontrarse con softwares de visualización de datos complejos que presentan carencias en términos de automatización, representatividad y diseño amigable. Estas limitaciones pueden suponer un obstáculo para el análisis y comprensión de los datos, sobre todo para aquellos usuarios que no poseen conocimientos especializados.

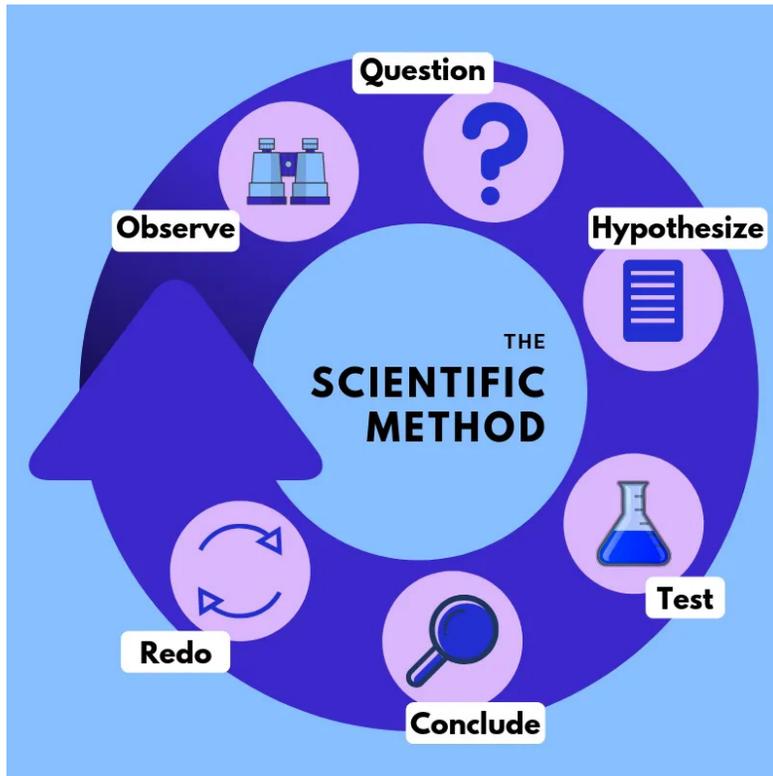
Debido a nuestra capacidad evolutiva de descubrir patrones visuales, una de las mejores formas de explorar y entender los datos, es con su visualización. En este sentido, el diseño visual de la información es importante no solo para aumentar la perceptibilidad, sino también para revelar los patrones que se presentan dentro de la información compleja.

LiHO es una plataforma open-source que permite a la comunidad científica analizar, manipular y visualizar bases de datos científicas de manera tridimensional y multivariable. Procesa archivos .Csv y los transforma en archivos .gltf descargables, que se muestran en una plataforma web interactiva. LiHO es accesible para usuarios sin experiencia técnica gracias a su interfaz amigable y enfoque intuitivo. Además, brinda la posibilidad de descargar las visualizaciones en formato gltf. Su objetivo es facilitar el descubrimiento de nuevos conocimientos a partir de datos complejos y mejorar la calidad visual de las representaciones actuales.



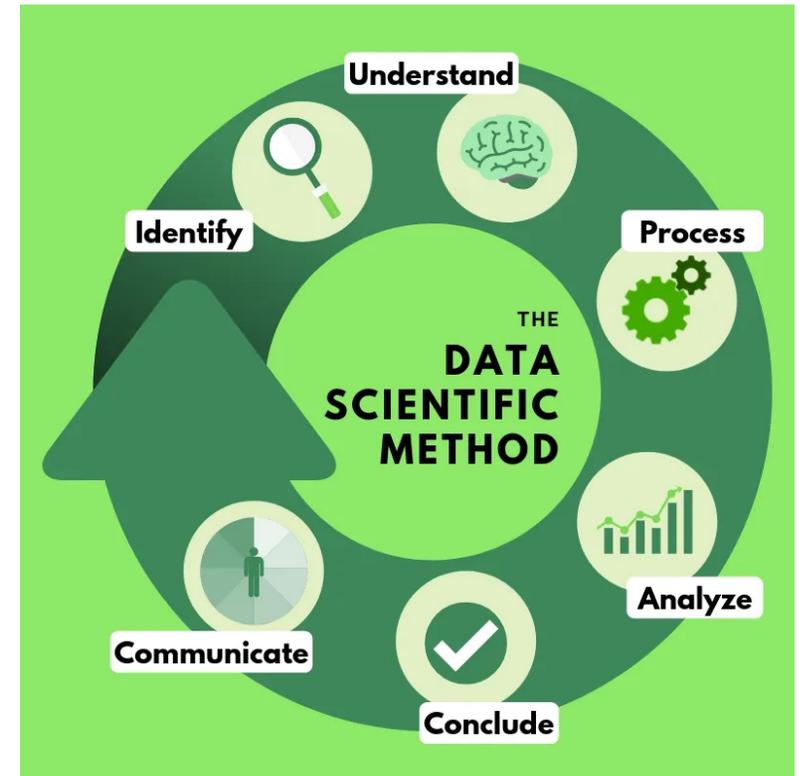
2. Introducción

Mientras los otros animales sólo están en el mundo, el hombre trata de entenderlo. En este proceso, el hombre construye un mundo artificial que consiste en un creciente cuerpo de ideas llamado «ciencia», que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. Por medio de la investigación científica el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta (Bunge 2018).



(Fig1)

↷
CAMBIO DE
PARADIGMA



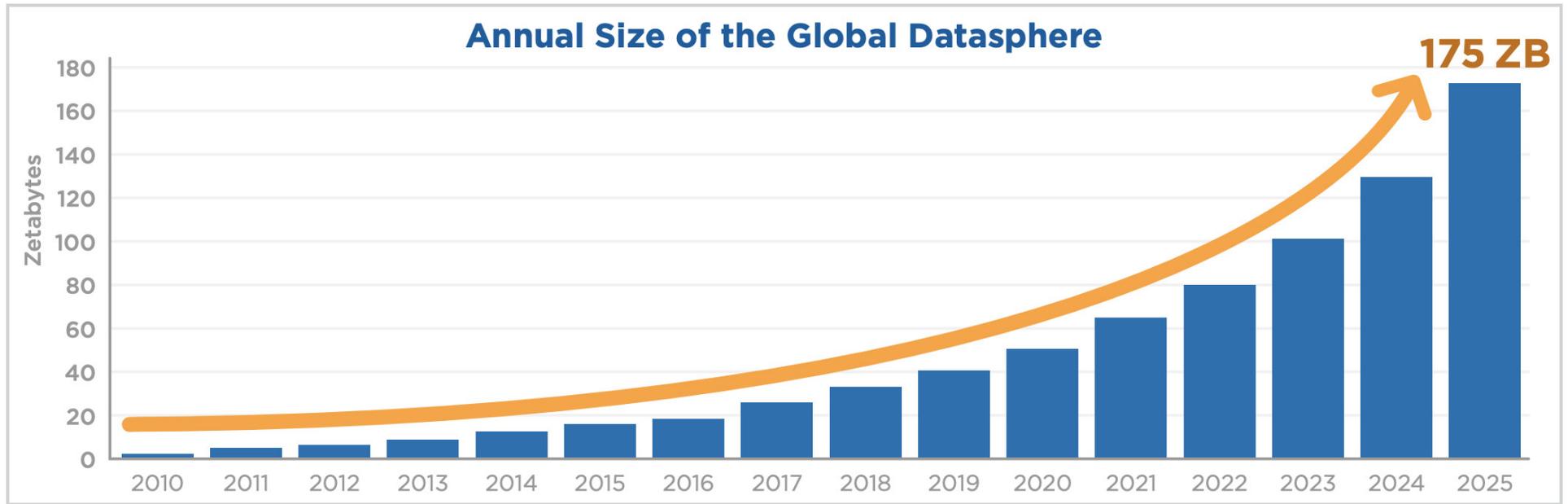
(Fig2)

Nuevos Desafíos del Método Científico

Aquellos que estudiamos, ejercemos o investigamos el Diseño podemos consensuar que nuestra disciplina no se acota sólo a una serie de pasos que permiten llegar a un resultado (Buchanan, 1992). Si bien el Design Thinking ha favorecido una ampliación del valor de nuestro trabajo (Davis, 2010; Dorst, 2011; Glen et al., 2015; Plattner et al., 2018; Vinh, 2018), los procesos desde los cuales los diseñadores abordamos la acción de proyectar son mucho más complejos y variados que las fases enunciadas por el equipo de DSchool en 2008. (Jen, 2017; Vinsel, 2017). Cuando nos referimos a la generación de conocimiento científico, ocurre algo similar:

A menudo, el 'método científico' se presenta en los libros de texto y las páginas web educativas como un procedimiento fijo de cinco o seis pasos que comienza con la observación y cuestionamiento de un fenómeno, y continúa con la formulación de una hipótesis que explica el fenómeno, el diseño y la realización de experimentos para probar la hipótesis, analizando los resultados y finalizando con la elaboración de una conclusión (Fig1). Dichas referencias a un método científico universal se pueden encontrar en material educativo en todos los niveles de educación científica (Blachowicz 2020) y numerosos estudios han demostrado que la idea de un método científico general y universal a menudo forma parte de la concepción de la ciencia tanto de estudiantes como de profesores (ver, por ejemplo, Aikenhead 1987; Osborne et al. 2003).

Sin embargo, en la era actual, el método tradicional de teoría basada en hipótesis, experimentos y simulaciones ha desencadenado un cambio de paradigma (Fig 2) hacia una ciencia exploratoria intensiva en información que es más bien colaborativa, en red y basada en datos (Bollier & Firestone, 2010; Kitchin, 2014; Trabucchi y Buganza, 2019; Masnick & Morris, 2022). La ciencia basada en Big Data renueva la primacía del razonamiento inductivo en forma de empirismo basado en tecnología y ha inspirado una visión del futuro en la que la extracción de datos automatizada conducirá directamente a nuevos descubrimientos. (Mazzocchi, 2015). El método estándar simplemente no puede manejar suficientemente el gran volumen de documentos o el crecimiento exponencial de los conjuntos de datos.



(Fig 3)

Big Data

El crecimiento exponencial de los datos ha planteado un desafío de gran envergadura en diversos ámbitos, como el tráfico de Internet. En este contexto, se genera una cantidad masiva de información que resulta difícil de almacenar sin asignar recursos significativos a este fin. Como consecuencia de esta creciente dependencia de los datos, se espera una expansión interminable en el tamaño de la Esfera Global de Datos. Según las estimaciones de IDC, en 2018 la Esfera Global de Datos se situaba en 33 ZB, pero se pronostica que crecerá hasta alcanzar los 175 ZB para el año 2025 (Fig 3). Esta rápida expansión plantea desafíos tanto en términos de capacidad de almacenamiento como de gestión y análisis de estos datos a gran escala.

Este fenómeno ha impulsado un cambio de paradigma en la ciencia, donde se ha intensificado la exploración de información basada en datos, fomentando la ciencia colaborativa

en red (Bollier & Firestone, 2010; Kitchin, 2014; Trabucchi y Buganza, 2019; Masnick & Morris, 2022). A su vez, la ciencia basada en Big Data ha revolucionado el enfoque en el razonamiento inductivo y el empirismo respaldado por la tecnología, abriendo nuevas perspectivas en las que la extracción automatizada de datos conduce directamente a descubrimientos innovadores (Mazzocchi, 2015).

Procesamientos que sobrepasan la capacidad humana

El método científico convencional se enfrenta al desafío de manejar el volumen de documentos y el crecimiento exponencial de los conjuntos de datos. Además, la acumulación de conocimiento en un dominio específico se vuelve cada vez más difícil de consumir y retener en la memoria humana, planteando una amenaza significativa para la adquisición y retención de conocimientos científicos (Kaisler et al., 2013)

Ante el crecimiento exponencial de los datos, es necesario explorar enfoques y tecnologías que vayan más allá de las capacidades humanas. El estudio metagenómico, el análisis de big data y otros campos similares requieren el uso de herramientas automatizadas, algoritmos avanzados y técnicas de aprendizaje automático para extraer conocimiento y obtener resultados significativos a partir de los grandes volúmenes de información disponibles.

Actual Estado del Conocimiento

Desafíos en la Era de la Información

En la era de la información, la cantidad de investigación publicada abarca un amplio espectro disciplinar, más allá de lo que los expertos de un campo determinado del conocimiento pueden razonar humanamente (Ding, 2016). El método para generar una hipótesis basada en la literatura, comienza a ser un proceso fortuito de gran incertidumbre, incluso más ahora por la gran cantidad de artículos publicados diariamente. El número medio de autores por publicación de PubMed ha aumentado de 1,94 a 5,61 desde 1965. Esto sugiere que ya no es posible que los expertos de un área, puedan manejar completamente el conocimiento de su propia disciplina. La especialización en las ciencias exactas también ha crecido con la expansión de la base de conocimiento científico, aumentando la necesidad de colaboración técnica y la interdisciplinariedad.

Las comunidades de investigación en muchas disciplinas finalmente están reconociendo que con los avances en la tecnología de la información, es necesario que haya nuevas formas de extraer entidades de publicaciones cada vez más intensivas en data e integrar y analizar conjuntos de datos a gran escala. (Ding et al., 2013).

Las bases de datos como herramientas de justificación de hipótesis

En el ámbito de la microbiología marina, los avances en modelos epistemológicos y tecnológicos han revolucionado la forma en que se llevan a cabo las investigaciones, permitiendo un mayor grado de precisión y exhaustividad (Handelsman et al., 1998; Gilbert et al., 2014; Wang et al., 2012). Sin embargo, es crucial abordar de manera crítica el uso de los datos y reconocer las limitaciones inherentes a los algoritmos, así como el papel esencial de los científicos en la interpretación y aplicación de los resultados obtenidos.

Es importante afirmar que, este nuevo enfoque no es simplemente jugar con datos para generar una hipótesis (van Helden, 2013), ya que de ser así, los científicos serían reemplazados rápidamente por algoritmos (Prensky, 2009; Dyche, 2012; Reichstein et al., 2019). Esta idea plantea un riesgo significativo (Lazer et al., 2014; Boulamwini y Gebru, 2018), como indican Balazka y Rodighiero (2020), al sostener suposiciones problemáticas sobre la neutralidad de los datos, lo cual puede generar una excesiva confianza en su precisión y subestimar los riesgos y las cuestiones epistemológicas asociadas.

En este contexto, es importante destacar la reflexión planteada por Anderson (2008), Kelling et al. (2009), Prensky (2009), Dyche (2012) y Torrecilla y Romo (2018), quienes señalan que los usuarios de big data a menudo se niegan a considerarse como profesionales reflexivos que interactúan activamente con los datos. En cambio, promueven una imagen de científicos como meros oyentes neutrales del concierto producido por el mundo en movimiento. Sin embargo, es esencial reconocer las limitaciones de esta perspectiva, ya que implica una confianza excesiva en la exactitud de los algoritmos y una subestimación de los riesgos y cuestiones epistemológicas asociadas (Balazka y Rodighiero, 2020).

En ámbitos como el de la metagenómica, donde la diversidad de microorganismos en las comunidades microbianas es abrumadora, el análisis manual de los datos se vuelve prácticamente imposible debido a la abundancia y variedad de especies presentes en una investigación (Handelsman et al., 1998; Gilbert et al., 2014; Wang et al., 2012). Por lo tanto, se hace necesario recurrir a técnicas de secuenciación de alto rendimiento y herramientas de bioinformática avanzadas. En vista de la complejidad inherente a este tipo de análisis de datos, se han desarrollado herramientas de visualización que permiten representar de manera clara y comprensible la diversidad de especies, las relaciones filogenéticas, la abundancia relativa de cada microorganismo y las interacciones entre los genes y las funciones dentro de las comunidades microbianas. Estas visualizaciones juegan un papel crucial en la interpretación y el análisis de los datos, permitiendo a los investigadores obtener una visión más completa y detallada de los fenómenos estudiados.

Caso de Estudio

En este contexto, el Laboratorio de Microbiología Marina UC (LabMicMar) emerge como un destacado caso de estudio en el análisis de las interacciones microbiológicas que trascienden las capacidades individuales. Consciente del desafío planteado por el crecimiento exponencial de los datos, el laboratorio reconoce la necesidad de emplear enfoques y tecnologías avanzadas.

El LabMicMar (**Fig 4 y Fig 5**) se centra en el análisis de comunidades microbianas marinas y en cómo responden frente a perturbaciones ambientales. Para llevar a cabo su investigación, se basa en el análisis del ADN comunitario o metagenómico, utilizando técnicas de secuenciación de alto rendimiento y herramientas avanzadas de bioinformática.

Además, se propone una colaboración con el Taller Lowtech & Ciencia UC, que ha establecido una experiencia de cooperación transdisciplinaria desde el año 2019 con el curso Microbiología Marina UC - BIO277M, dirigido por el Dr. Rodrigo De la Iglesia, director de pregrado de Ciencias Biológicas y académico a cargo del laboratorio. Esta colaboración ofrece oportunidades para la implementación de enfoques de visualización experimental en el análisis de datos microbiológicos.

Para llevar a cabo la investigación se hizo un levantamiento de información a través de entrevistas al Dr. Rodrigo De la Iglesia, para indagar en las herramientas de análisis y visualización de datos utilizadas por sus investigadores, entrevistas con el profesor guía del proyecto, quien se encuentra desarrollando su programa doctoral en asociación con este laboratorio y el departamento de Ecología, así como la observación etnográfica en el laboratorio de Microbiología Marina y en cátedras



(Fig 4)

del Taller Lowtech, dictadas por De la Iglesia y Durán, donde se tuvo la oportunidad, previo a la investigación, de participar como estudiante.

La cantidad y complejidad de datos que se encuentran disponibles tanto en el laboratorio como en bases de datos públicas, presentan una oportunidad en el campo de su visualización que no está siendo potenciada actualmente. Sobre esto, el Doctor Rodrigo de la Iglesia afirma: “Tenemos muchas bases de datos disponibles, y muy pocas personas hacen uso de ellas. Es necesario comenzar a darle a los datos la importancia que merecen. En ese sentido, hay algunas plataformas con las que nosotros trabajamos todo el tiempo, pero que su interfaz es muy general. Sería muy interesante ver una propuesta más específica, o algún sistema para visualizar datos complejos”.

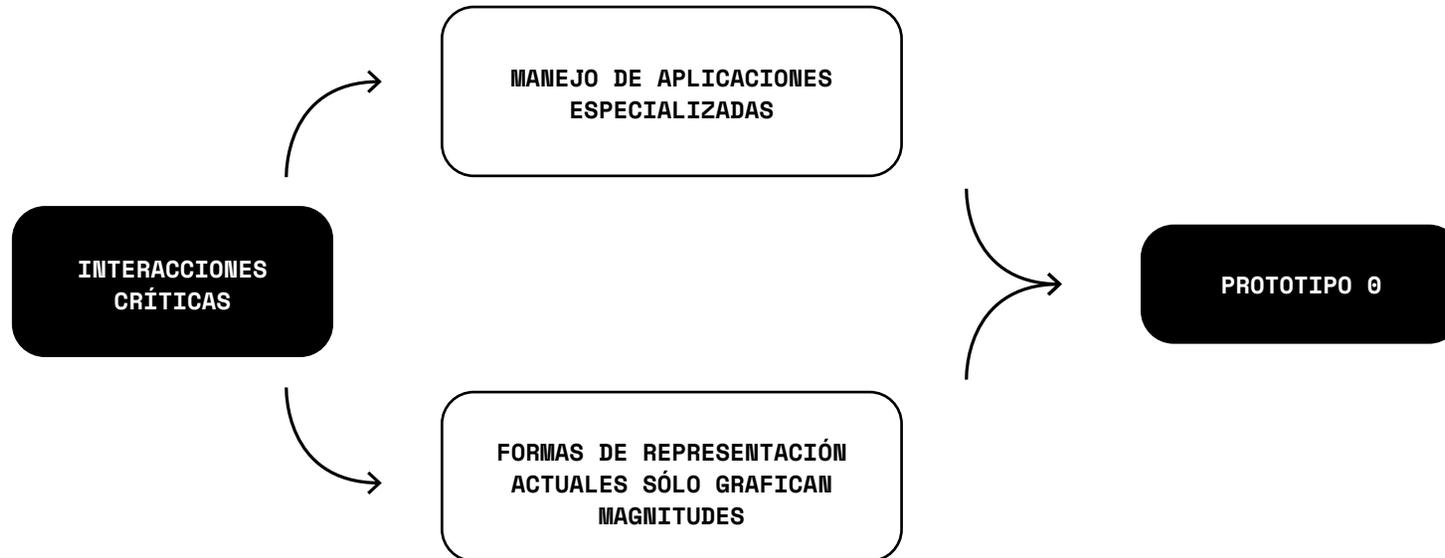


(Fig 5)

“Tenemos muchas bases de datos disponibles, y muy pocas personas hacen uso de ellas. Es necesario comenzar a darle a los datos la importancia que merecen. En ese sentido, las plataformas con las que trabajamos tienen una que interfaz es muy general. Sería muy bueno ver una propuesta más específica, o algún sistema para visualizar datos complejos”.



3. Descripción del Problema



(Fig 6)

Identificación del Problema

Durante esta etapa, se realizó un análisis exhaustivo de las necesidades de la comunidad científica en cuanto a la visualización de datos. Esto implicó la realización de entrevistas a varios investigadores y la consulta de diversas fuentes para comprender los desafíos que enfrentan al trabajar con grandes conjuntos de datos. En colaboración con el Profesor Rodrigo de la Iglesia C, se identificaron interacciones críticas de interés que resultaron fundamentales para definir el contexto de la problemática.

Manejo de Aplicaciones Especializadas: Actualmente la visualización de datos científicos se realiza comúnmente mediante aplicaciones especializadas. Se han propuesto diferentes técnicas y herramientas de software para llevar a cabo el análisis de mapas científicos. Desde el Laboratorio de Microbiología Marina UC, se utilizan día a día estas herramientas. Sin embargo, existe una falta de manejo de estas aplicaciones, lo que impide un proceso fluido y óptimo para el usuario en cuestión. El uso de programación, junto con la cantidad de manejadores, pueden dificultar el aprendizaje por parte de quienes lo utilizan.

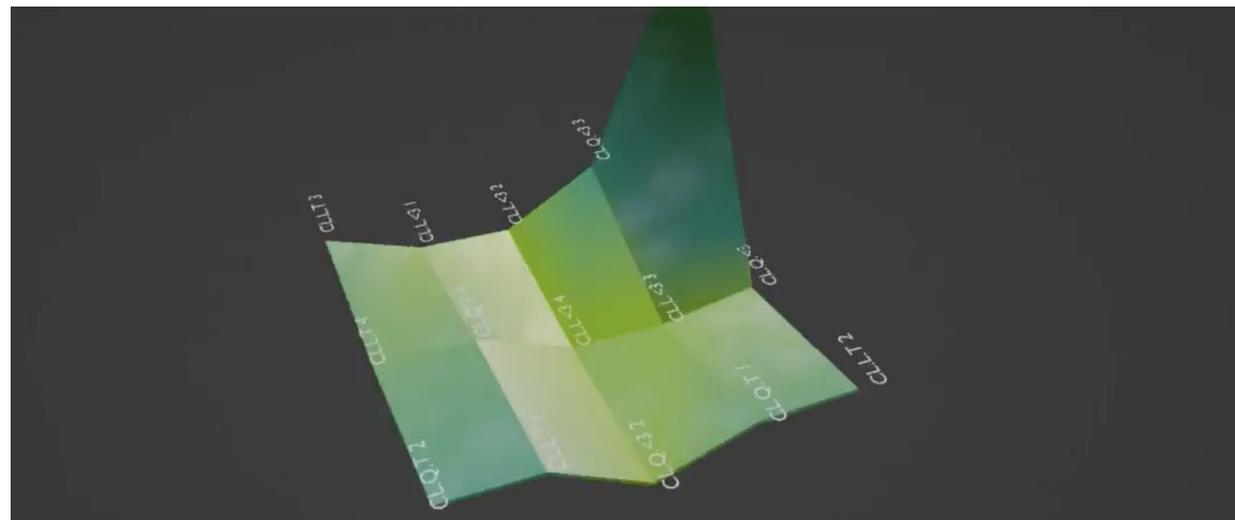
Formas de representación actuales sólo grafican magnitudes: Las formas de representación usadas por la comunidad científica actual acostumbran a graficar magnitudes; estos pueden ser gráficos de barra, punto o línea. Esto se contradice

con nuestra habilidad para reconocer patrones, ya que se está desperdiciando una oportunidad de generar conocimiento a través de ellos. Véase por ejemplo la cantidad de juegos gráficos con fines de seriación o percibir diferencias que hay entre los objetos. Surge de este fenómeno, el desafío de reproducir geometrías tridimensionales a partir de datos, capaces de generar patrones.

Basándose en estas dos problemáticas (**Fig 6**), se procedió al desarrollo de un primer prototipo, con el desafío de representar la cantidad de clorofila en una muestra de agua, de manera tridimensional. El propósito de este prototipo era determinar si era factible lograr una visualización satisfactoria y original para abordar la problema y así, encontrar una oportunidad de diseño.

1	Muestra	a	b	Bco
2	CL.L.T 2	76973,1	51198,5	1268,9
3	CL.Q.T 1	70992,8	40577,8	1268,9
4	CL.Q.<3 2	24995,5	15556,7	1268,9
5	CL.L.T 1	85815,6	57209,9	1268,9
6	CL.Q.T 2	85310,3	48971,6	1268,9
7	CL.Q.<3 1	39609,4	23480,7	1268,9
8	CL.L.<3 3	18469,3	12712,4	1268,9
9	CL.L.<3 4	18947,8	13042,5	1268,9
10	CL.Q.T 4	65303,9	38675,5	1268,9
11	CL.L.T 4	59945,3	39720,3	1268,9
12	CL.Q.T 3	383810,3	214293,7	1131,7
13	CL.Q.<3 3	93037,8	52976,7	1131,7
14	CL.L.<3 2	28280,7	18826,4	1131,7
15	CL.L.<3 1	31530,8	20248,6	1131,7
16	CL.L.T 3	70832,0	47538,9	1131,7

(Fig7)



(Fig 8)

Prototipo 0

Datos Utilizados: Cantidad de Clorofila en una muestra.

Requerimientos: Representar de manera gráfica, una base de datos entregada por el laboratorio de Microbiología Marina, enfocándose en dos requerimientos en los que el sistema debe visualizar la información:

1. Sin la necesidad de leer o intervenir el archivo.
2. De manera no convencional, es decir, interviniendo en las decisiones de diseño, como la morfología, colores o cualquier otra variable que implique una representación visual.

Uno de los principales desafíos consiste en desmarcarse del enfoque tradicional de las infografías, donde los diseñadores invierten tiempo en el filtrado, muestreo, agrupación y resumen manual de los datos. Esto se debe a que las herramientas utilizadas no permiten exponer grandes cantidades de información de manera automatizada. Es necesario superar esta limitación y adoptar un enfoque de visualización de datos automatizada. Como señala Tamara Munzner, una científica y experta reconocida en representación de datos, la visualización automatizada es esencial para manejar conjuntos de datos masivos, ya que permite que los usuarios se centren en explorar y analizar los datos en lugar de dedicar tiempo al

procesamiento y la visualización manual (Munzner, 2014).

Por otro lado, los softwares existentes no permiten la variedad que un se requiere al visualizar datos (Cairo, 2012). Es por esto, que surge la necesidad de implementar una solución que considere el segundo aspecto como eje central.

Este ejercicio comienza con el procesamiento de datos (Fig7), para la elaboración de un esquema relacional de los datos con sus nodos en Blender y Python API y luego su realización en un Render 3D. El gráfico representa la distribución de clorofila, según quince muestras del Laboratorio de Microbiología Marina UC. El eje Y (altura) de la figura, representa el nivel de clorofila, los textos en blanco, el nombre de la muestra (Fig 8).

Este primer prototipo demostró la posibilidad de crear una visualización de datos a partir de una cadena de caracteres, en este caso, la ruta a la base de datos. Sin embargo, se identificó un problema central: el usuario del proyecto no cuenta con las habilidades y herramientas necesarias para desarrollar una visualización como esta, ya que carece de conocimientos de programación y el software Blender está alejado de su campo de trabajo. Aunque es técnicamente factible, resulta poco probable que un científico realice este tipo de ejercicio.

¿Es posible que una persona sin conocimientos de programación y sin haber descargado Blender pueda realizar este proceso?

Esta situación planteó la siguiente pregunta:

Tras realizar una investigación al respecto, se determinó que la respuesta es negativa. Ante este desafío, el proyecto se vio en la necesidad de elegir una dirección a seguir:

1. Proyecto de visualización de datos **no interactivo**: Consistiría en una presentación estática de la información, donde el usuario no tendría la capacidad de interactuar con los datos ni realizar cambios en la visualización.
2. Proyecto de visualización de datos **interactivo**: Permitiría al usuario manipular los datos, cambiar los parámetros de visualización, aplicar filtros y explorar diferentes aspectos de la información de manera interactiva.

Luego de un análisis exhaustivo de las etapas anteriores, se llegó a la determinación de optar por la segunda alternativa planteada. Esta elección implica emprender el desarrollo de una solución que permita al usuario interactuar y manipular los datos en la visualización de manera efectiva. En este contexto, se reconoce que el uso de la programación constituye la única opción viable para alcanzar una experiencia interactiva, de calidad y cumplir con los requisitos del proyecto de manera óptima.

La palabra “software” se define como “conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas” (Diccionario de Oxford Languages, s.f).

Análisis detallado del Problema

La decisión de desarrollar un software surge del entendimiento de que las herramientas existentes y las alternativas no tecnológicas carecen de la capacidad necesaria para proporcionar la interactividad y la flexibilidad requeridas en la exploración y análisis de los datos. Por consiguiente, se concibe la creación de una interfaz intuitiva y amigable que permita al usuario interactuar de manera significativa con los datos, efectuar ajustes personalizados en la visualización y explorar diversos aspectos de la información con total libertad.

Con el propósito de alcanzar los estándares de calidad y competencia requeridos en el desarrollo del software, se ha tomado la decisión de dedicar un semestre de estudio y formación específica en el ámbito de la programación. Con un enfoque particular en asignaturas como Programación Avanzada e Ingeniería de Software, se busca adquirir las habilidades técnicas necesarias para abordar con éxito la implementación del software y garantizar un resultado final que satisfaga las expectativas del usuario.

Como resultado adicional de esta iteración, se reconoce el potencial de Blender en comparación con otras herramientas de trabajo para la representación de datos. Blender ofrece la capacidad de crear modelos complejos con texturas, materiales y efectos de iluminación avanzados, lo que permitiría una representación visual más completa y atractiva de los datos.

La Interactividad como Objetivo Projectual

En este trabajo hemos identificado un problema central, que consiste en la deficiente capacidad de los softwares utilizados por la comunidad científica actualmente, para representar grandes cantidades de datos, de manera que se potencie el aprendizaje.

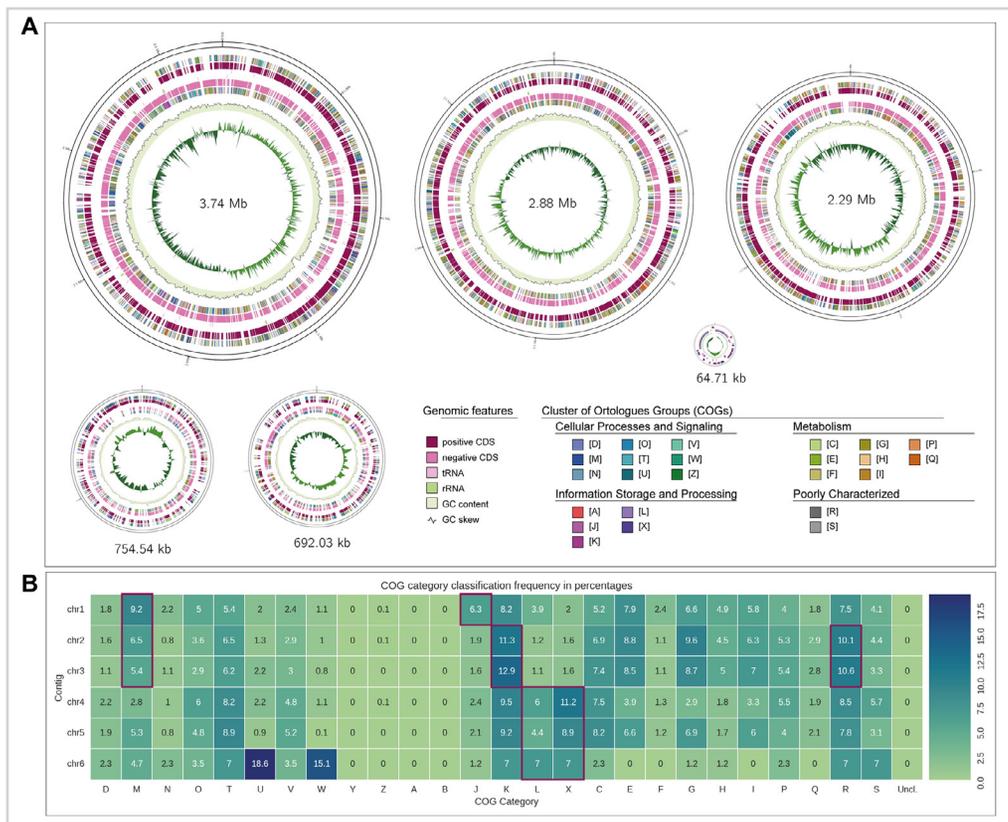
En 2011, Hullman y Diakopoulos propusieron un enfoque para analizar la visualización de datos que consistía en identificar cuatro capas editoriales: datos, representación visual, anotaciones e interactividad. La capa de datos se refiere a la selección y procesamiento de los datos que se utilizarán en la visualización. Cada una de estas capas desempeña un papel fundamental en la comunicación efectiva de la información.

La interactividad de la visualización puede ser el lugar donde se toman decisiones que limitan la interacción del usuario de manera que lo guían a explorar ciertos subconjuntos de datos. Estas decisiones de diseño interactivo pueden influir en cómo se presenta la información y en las rutas que el usuario puede seguir para explorar y comprender los datos. Al controlar las opciones disponibles y las formas en que se revela la información, se puede guiar al usuario hacia ciertos aspectos o perspectivas de los datos, enfatizando ciertos patrones o relaciones. Esto puede ayudar a transmitir de manera efectiva el mensaje deseado y facilitar la comprensión de los datos presentados, sobre todo si es que son bases de datos con grandes cantidades de información.

Los diseñadores deben decidir qué variables son relevantes y proporcionan la información necesaria para respaldar el objetivo de la visualización. Al elegir qué incluir y qué omitir,

es posible que se pierda cierta información, pero esto es necesario para simplificar y enfocar la visualización. La capa de representación visual lleva consigo huellas de las decisiones tomadas sobre cómo se mapearán los datos al dominio visual. Por ejemplo, mapear una variable continua a una escala de grises conlleva una “pérdida” de información debido a la sensibilidad y capacidad de percepción humana para distinguir diferentes niveles de intensidad (por ejemplo, “diferencias apenas perceptibles”).

Sin embargo, filtrar, entender y analizar los datos para una visualización de datos complejos, resulta una tarea compleja y fuera del marco profesional de un diseñador. Esto abre una brecha transdisciplinaria que implica un desafío vez mayor para las personas que no están directamente relacionadas con la ciencia.



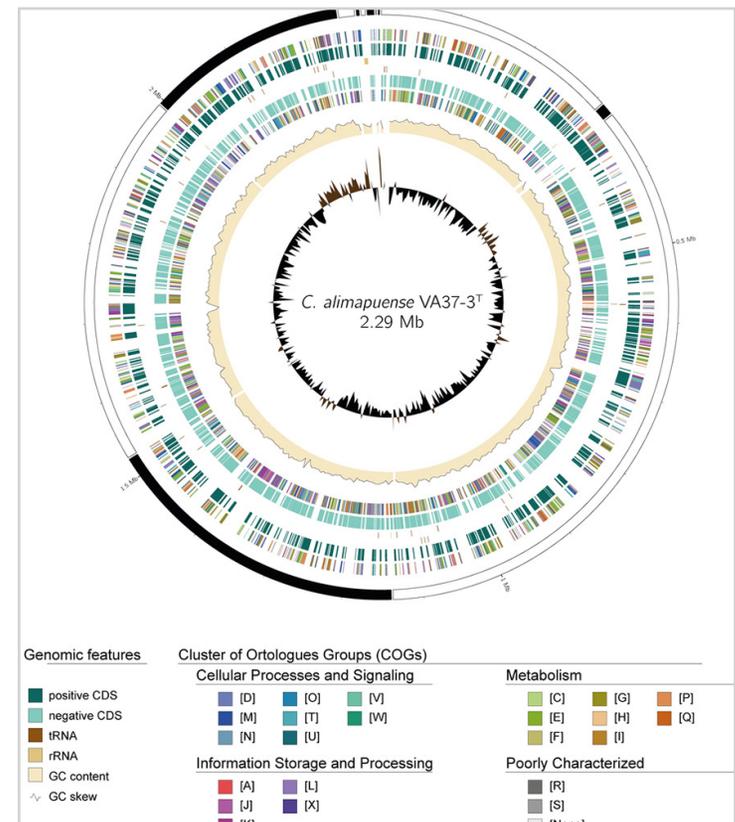
(Fig 9)

Debido a los desafíos, cada vez mayores, de entender, representar y filtrar los datos científicos, surge la necesidad de una propuesta que permita explorar los datasets, sin tener los conocimientos normalmente requeridos para producir gráficos. En el contexto del proyecto, el usuario no tiene que depurar los datos a utilizar, si no que la solución implementada, realiza este trabajo mediante algoritmos internos, lo que disminuye la pérdida de información y permite visualizar cantidades masivas de datasets. Esto permite manipular y optimizar la información a través de una interfaz, adaptando la intención del visualizador, de manera interactiva.

La interacción en la visualización de datos ha sido ampliamente estudiada y se ha demostrado que promueve el compromiso con los datos, fomenta la curiosidad y facilita la comprensión y el análisis (Heer & Shneiderman, 2012). Al

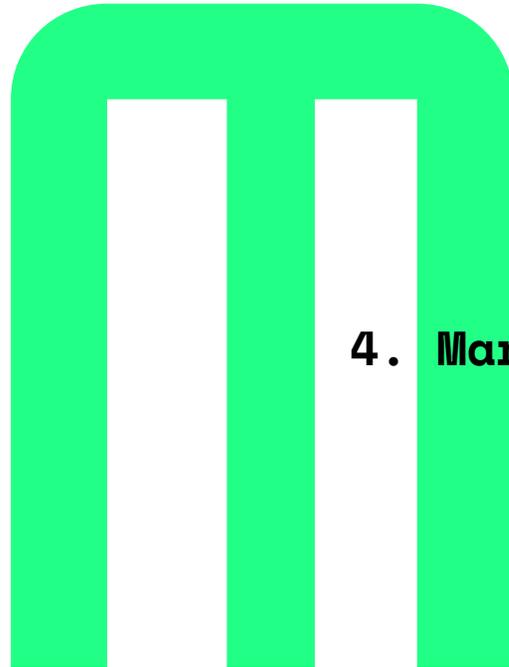
diseñar la interacción de manera experimental, es decir, que permita lo inesperado, se abre espacio para descubrimientos y nuevas perspectivas que enriquecen la comprensión de los datos (Dix, 2007), permitiendo a los usuarios interactuar con los gráficos y explorar diferentes aspectos de los datos de manera más profunda (Dix, 2007; Kosara, 2013).

GenoVi (Fig 9 y Fig 10) es un ejemplo destacado de visualización de datos complejos que utiliza recursos interactivos. Permite crear representaciones personalizadas de genomas circulares y visualizar la diversidad de especies, relaciones filogenéticas y abundancia relativa de microorganismos. También ofrece análisis de categorías COG, histogramas y mapas de calor. Su interfaz intuitiva y amigable la hace accesible a investigadores de diferentes niveles de experiencia. Los colores seleccionados cuidadosamente facilitan la identificación



(Fig 10)

rápida de especies y agrupaciones filogenéticas, así como la representación de la abundancia de genes. GenoVi es especialmente útil en publicaciones científicas, recursos educativos y divulgación científica, gracias a su capacidad para generar visualizaciones de alta calidad que comunican información de manera clara y precisa.



4. Marco Teórico

Epistemología de la Visualización

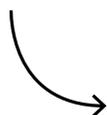
La visualización de datos ha demostrado ser una poderosa herramienta para la generación de conocimiento y comprensión de nuestro entorno (Keim et al., 2008; Weber & Rall, 2012; Bello-Orgaz et al., 2016). Su capacidad para humanizar y simplificar la complejidad de nuestro mundo es innegable. Como Florence Nightingale, pionera en la visualización de datos, afirmó: “La visualización nos permite capturar la esencia de los datos de manera más rápida y efectiva que cualquier otra forma de comunicación” (Nightingale, 1861).

En la actualidad, la visualización se considera fundamental en la investigación y en la toma de decisiones en diversos campos. Steven Kosslyn señala que “la visualización de datos nos permite detectar patrones, identificar tendencias y comprender relaciones complejas que de otra manera serían difíciles de apreciar” (Kosslyn, 2006).

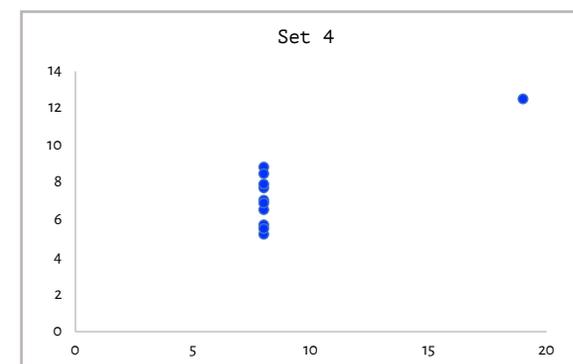
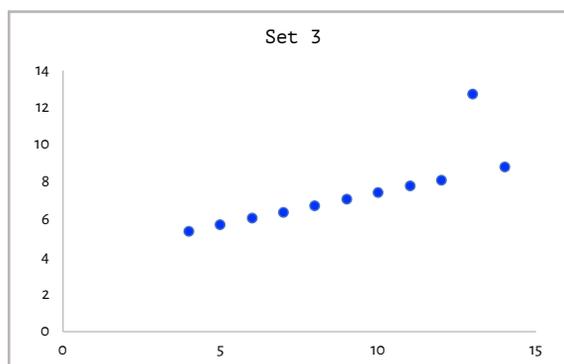
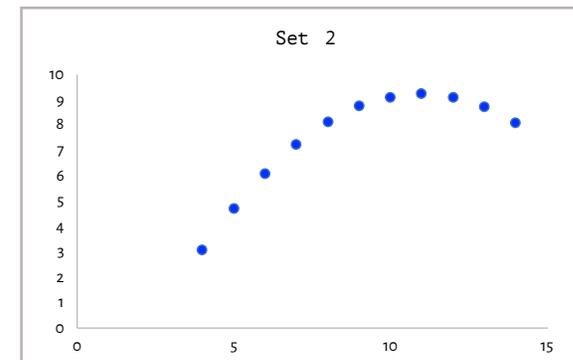
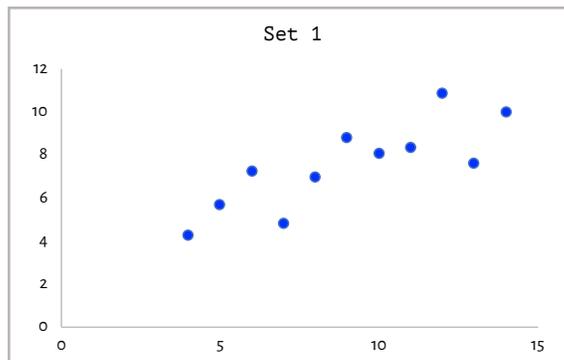
La visualización de datos es considerada la base de la epistemología científica, ya que permite una comprensión más rápida, efectiva y profunda de la información. Su papel en la generación de conocimiento y toma de decisiones informada ha sido reconocido por investigadores y profesionales en diversas disciplinas. Numerosos estudios argumentan que la comunicación visual es esencial para el proceso de adquisición de conocimiento, ya que la representación visual de información nos permite interpretar y comprender el mundo que nos rodea (Arnheim, 1954; Dondis, 1974; Ware, 2008).

« La visualización nos permite capturar la esencia de los datos de manera más rápida y efectiva que cualquier otra forma de comunicación »

	Set 1		Set 2		Set 3		Set 4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
	10	8,04	10	9,14	10	7,46	8	6,58
	8	6,95	8	8,14	8	6,77	8	5,76
	13	7,58	13	8,74	13	12,74	8	7,71
	9	8,81	9	8,77	9	7,11	8	8,84
	11	8,33	11	9,26	11	7,81	8	8,47
	14	9,96	14	8,1	14	8,84	8	7,04
	6	7,24	6	6,13	6	6,08	8	5,25
	4	4,26	4	3,1	4	5,39	19	12,5
	12	10,84	12	9,13	12	8,15	8	5,56
	7	4,82	7	7,26	7	6,42	8	7,91
	5	5,68	5	4,74	5	5,73	8	6,89
Media	9,00	7,50	9,00	7,50	9,00	7,50	9,00	7,50
Varianza	11,00	4,13	11,00	4,13	11,00	4,12	11,00	4,12
PMCC	0,82		0,82		0,82		0,82	



(Fig11)



Cooperación Humano-Computador

Las herramientas de visualización desempeñan un papel crucial al mostrar la estructura detallada de los conjuntos de datos. Esto es especialmente importante en situaciones en las que es necesario identificar patrones. Además, estas herramientas son útiles al evaluar la validez de un modelo estadístico, permitiendo determinar si realmente se ajusta a los datos.

En áreas como la investigación científica, donde el objetivo es generar y verificar hipótesis, las herramientas de visualización pueden acelerar y mejorar la capacidad de los usuarios para realizar análisis exploratorios. En lugar de depender únicamente de enfoques computacionales puramente

automatizados, las herramientas de visualización permiten a los científicos visualizar y comprender mejor conjuntos de datos complejos. Al proporcionar representaciones visuales interactivas y contextuales, estas herramientas ayudan a los investigadores a identificar patrones, tendencias y relaciones que podrían no ser evidentes en una vista numérica o textual (Munzer, 2014).

Un ejemplo destacado que ilustra la importancia de la participación humana en el análisis de datos, es el Cuarteto de Anscombe (**Fig 11**), que consiste en cuatro conjuntos de datos pequeños diseñados por un estadístico. A simple vista, estos conjuntos de datos comparten estadísticas descriptivas idénticas, como la media, la varianza, la correlación y las líneas de regresión lineal. Sin embargo, al representar gráficamente estos conjuntos de datos, se revela que tienen estructuras muy

diferentes entre sí.

La inclusión de la computación en el procesamiento de datos permite superar las limitaciones de las representaciones manuales de conjuntos de datos. Mientras que las visualizaciones creadas a mano están restringidas a conjuntos de datos pequeños y estáticos debido a la capacidad de atención limitada de las personas, la computadora puede generar automáticamente representaciones visuales de datasets grandes y dinámicos. Esto ahorra un esfuerzo humano considerable, ya que organizar incluso datos pequeños podría llevar mucho tiempo. Al utilizar herramientas computarizadas, es posible explorar y presentar conjuntos de datos masivos de manera eficiente, abriendo nuevas posibilidades y descubrimientos.

1	H	2											18	He																		
3	Li	Be											13	B	14	C	15	N	16	O	17	F	18	Ne								
11	Na	Mg											31	Al	32	Si	33	P	34	S	35	Cl	36	Ar								
19	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	39	Ga	40	Ge	41	As	42	Se	43	Br	44	Kr								
37	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe								
55	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn								
87	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	113	Nh	114	Fl	115	Mc	116	Lv	117	Ts	118	Og								
LANTHANIDES			57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
ACTINIDES			89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr

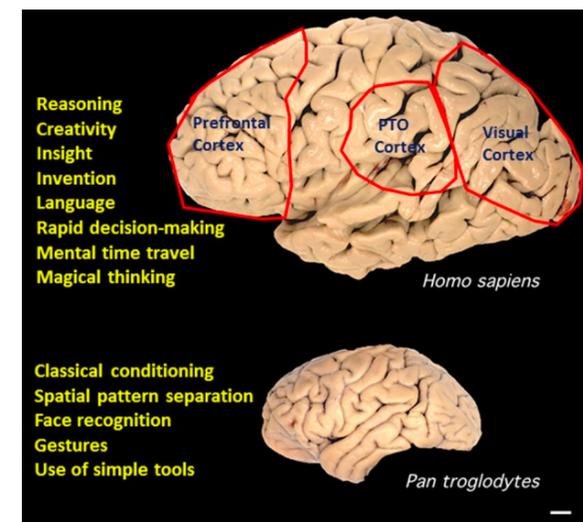
(Fig12)

Reconocimiento de Patrones Visuales

Como se mencionó anteriormente, la información visual parece a menudo más fácil de asimilar que la verbal - piénsese, por ejemplo, en la distribución de los elementos químicos en la Tabla Periódica de Elementos producida por Mendeléyev (Fig12). Los psicólogos plantean la hipótesis, de que esto se debe a nuestra historia evolutiva, dado que las habilidades verbales han aparecido mucho más tarde que las visuales (Evans, 2003, Sternberg y Leighton, 2004). Según Landau y Lakusta (2009): “Los mapas son el sistema simbólico por excelencia para codificar y retener permanentemente la información espacial. Los mapas son particularmente valiosos porque incluyen grandes cantidades de información sobre las relaciones

espaciales que no se pueden transmitir fácilmente a través del lenguaje (Mattson, 2014; Gonzalez-Redin et al., 2016).

Reconocer patrones visuales en el entorno es uno de los signos fundamentales del comportamiento inteligente. Un niño de 3 años, por ejemplo, puede discernir los alfabetos casi sin esfuerzo, un águila puede detectar a su presa desde 1000 pies sobre el suelo y un pez carnívoro puede capturar un pez más pequeño camuflado contra la arena. Cada uno de estos ejemplos ilustra la capacidad de percibir el orden desde el desorden, que no es solo una cuestión de habilidad visual sino también un signo de habilidad intelectual que es esencial para la supervivencia (Mattson, 2014; Rahman et al., 2019).

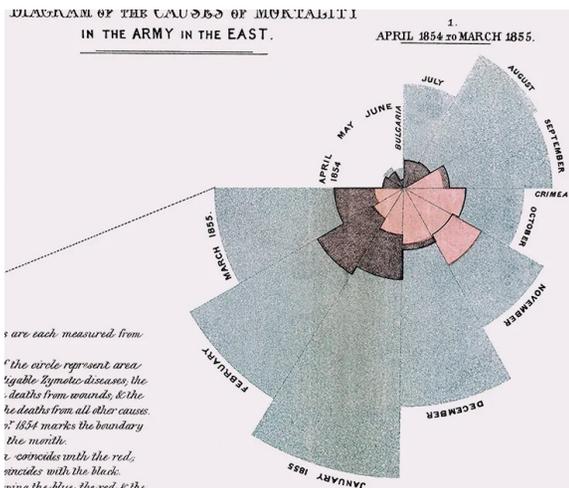


(Fig13)

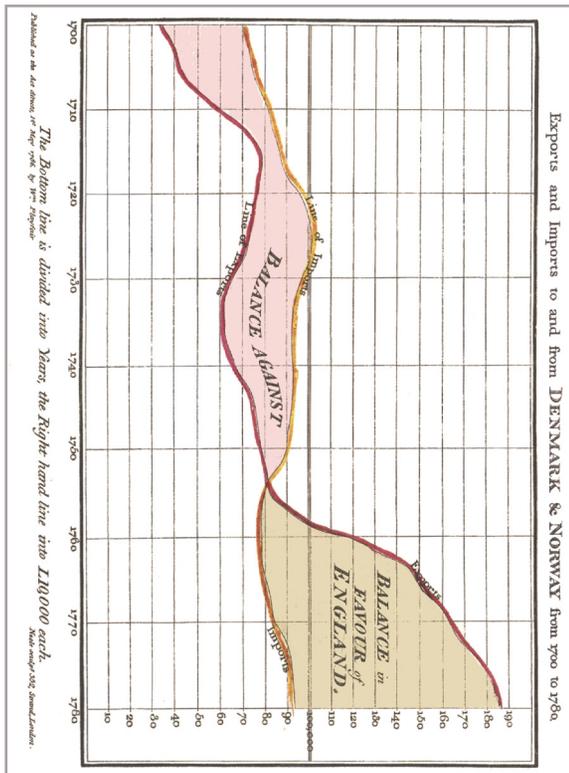
En el artículo de Mattson, se presenta una comparación de la anatomía macroscópica de los cerebros humanos y chimpancés (Pan troglodytes) revelando una expansión significativa de tres regiones en los cerebros humanos: la corteza prefrontal, la corteza visual y la unión parietal-temporal-occipital (PTO). Estas regiones expandidas son consideradas fundamentales para las capacidades avanzadas de procesamiento de patrones en los seres humanos (Fig13).

Durante la evolución humana, las capacidades de procesamiento de patrones se volvieron cada vez más sofisticadas como resultado de la expansión de la corteza cerebral, particularmente la corteza prefrontal y las regiones involucradas en el procesamiento de imágenes (Mattson, 2014).

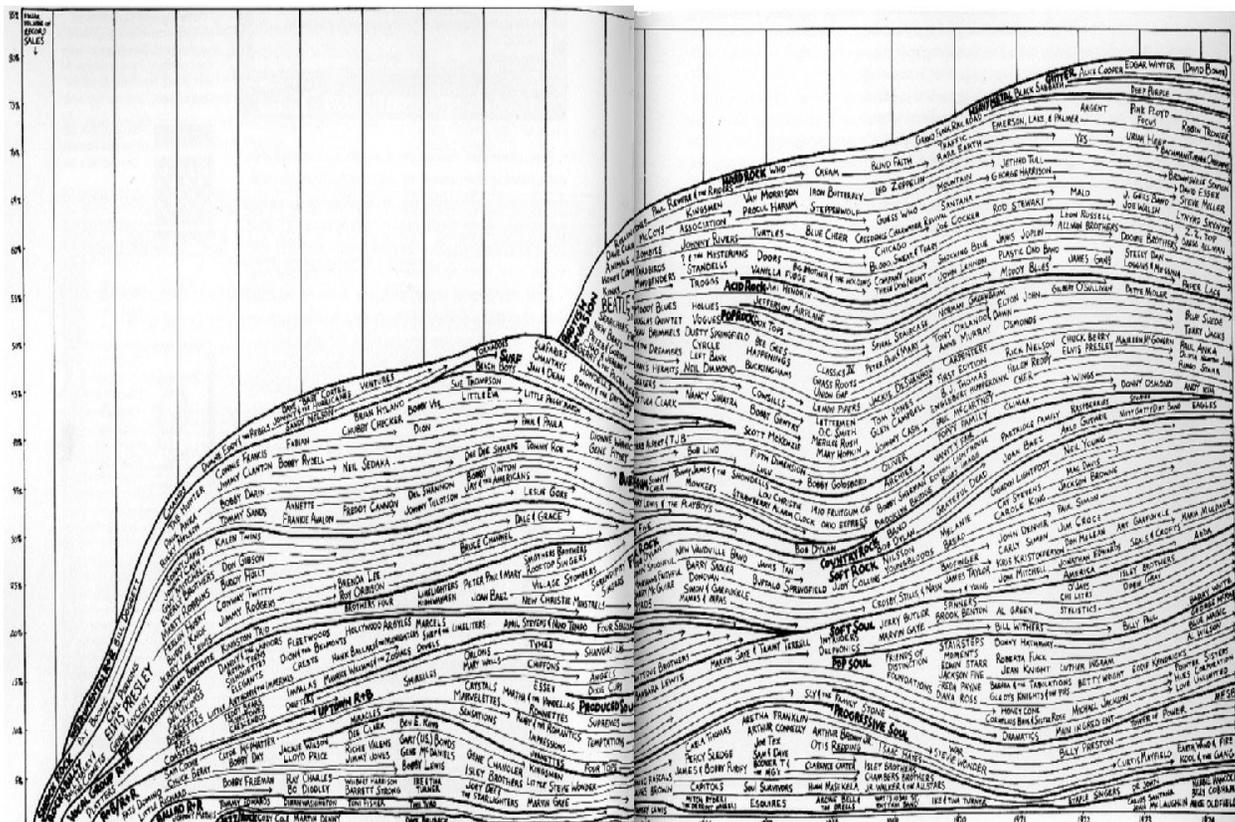
En este sentido, desde una perspectiva epistemológica, hemos desaprovechado una adaptación evolutiva, el reconocimiento visual de patrones, como medio para la identificación de relaciones de interés en los datos que generamos. Y si bien la premisa “correlación no implica causalidad” nos interpela a avanzar con precaución en la búsqueda de patrones entre fuentes distantes de información, se percibe de gran valor avanzar en plataformas y herramientas que nos faciliten transformar los datos en formas y colores con potencial como canales del conocimiento.



(Fig14)



(Fig15)



(Fig16)

Visualización de Datos

Para algunos, las bases de datos pueden evocar ansiedad o dolores de cabeza. Para otros, equivalen a un comienzo para la creación artística. La visualización de información en el contexto gráfico ha sido desarrollada con mayor interés desde el aumento de los datos cuantitativos, como una herramienta para entenderlos. Playfair, W. (1759-1823) fue un referente en la invención de los gráficos de barra, línea y círculo (Fig 15). Según él, los gráficos permiten visualizar relaciones aparentemente inexistentes entre variables que suelen quedar ocultas entre los datos y cifras, difíciles de comparar de otra manera (Playfair, 1786). Nightingale, F. (1853-1856), en el contexto de la guerra de Crimea, inventó el gráfico Rosa para demostrar las deplorables condiciones sanitarias en los hospitales y el

impacto en la mortalidad de los soldados (Fig 14). Según Nightingale, el gráfico Rosa lograba transmitir visualmente lo que las palabras no podían comunicar a las mentes insensibles a través del oído (Nightingale, 1858).

El uso de gráficos para visualizar datos cuantitativos se hicieron más comunes con nuevos avances en el análisis estadístico (Ferster, 2013). Uno de los pioneros en este campo, fue un estadista norteamericano, Edward Tufte (Fig 16), más conocido como el Da Vinci de la Data (Times, 1998; Bamforth, 2011; Bentley, 2013; King, 2016). El mismo dice: "El uso de imágenes abstractas para mostrar números es una invención sorprendentemente reciente" y plantea que: "para razonar, explorar y resumir datos cuantitativos, la herramienta más sencilla y a la vez más poderosa es el diseño de visualización de datos" (Tufte, 1983).



(Fig19)

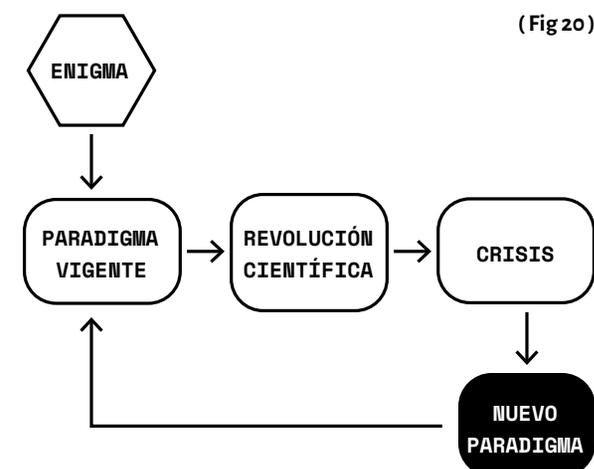
Problemas de la Representación de Datos

La representación de datos es un tema crítico en las ciencias exactas, ya que la comprensión y comunicación efectiva de los datos es esencial para la investigación y el avance científico. Sin embargo, la mayoría de los diseños de visualizaciones son ineficientes, debido a las complejidades y anomalías que pueden surgir en la presentación de los mismos, además de la amplia gama de posibilidades disponibles y la dificultad de encontrar soluciones adecuadas para contextos específicos. Cuando razonamos sobre evidencia cuantitativa, ciertos métodos para mostrar y analizar datos son mejores que otros. La diferencia entre un análisis excelente y uno defectuoso a veces puede tener consecuencias trascendentales. En lugar de optimizar, el objetivo del diseño de visualizaciones es satisfacer, es decir, encontrar una de las muchas soluciones viables. Es esencial considerar múltiples alternativas y explorar un amplio espacio de posibilidades. Además, el diseño de visualizaciones implica manejar compromisos, ya que un diseño puede tener fortalezas en ciertos aspectos pero debilidades en otros (Mattson, 2014).

Uno de los casos históricos más conocidos que ejemplifica un problema en la representación de datos es el desastre del transbordador espacial Challenger en 1986 (Fig19). En este ejemplo, la mala visualización de datos fue uno de los factores que contribuyó al desastre, ya que los ingenieros de la NASA no lograron comunicar claramente el riesgo asociado a la temperatura baja mediante una representación gráfica insuficiente. El resultado fue la trágica pérdida de vidas y de la nave espacial. La investigación de Tufte sobre el desastre del Challenger ha sido ampliamente citada en la literatura sobre visualización de datos y ha llevado a una mayor conciencia de cómo la falta de atención a la representación de datos puede tener consecuencias graves y subraya la importancia de garantizar que los datos se presenten de manera clara y precisa en cualquier contexto.

Debido a las anomalías que pueden surgir en la representación de datos, es importante avanzar hacia una solución más interdisciplinaria en la que se aborde la representación de datos desde una perspectiva más amplia. Como señala Kuhn (1962) en su teoría de los paradigmas científicos, un nuevo paradigma puede proporcionar una perspectiva diferente y más amplia para la resolución de los problemas. En este sentido, es necesario estar abiertos a nuevas formas de representar y visualizar los datos, y a nuevas herramientas y tecnologías que puedan ayudarnos a superar los desafíos

actuales en la representación de datos en las ciencias. En este contexto, un diseñador que no es un científico de datos podría aportar un nuevo paradigma en términos de cómo representar y visualizar los datos. El enfoque del diseñador podría ser diferente al de un científico de datos, lo que podría llevar a nuevas formas de pensar sobre cómo presentar los datos de manera clara y efectiva. Además, la experiencia del diseñador en presentación visual y experiencia de usuario, podría ayudar a crear representaciones estéticamente enriquecidas de los datos que podrían mejorar la capacidad de las personas para comprenderlos.

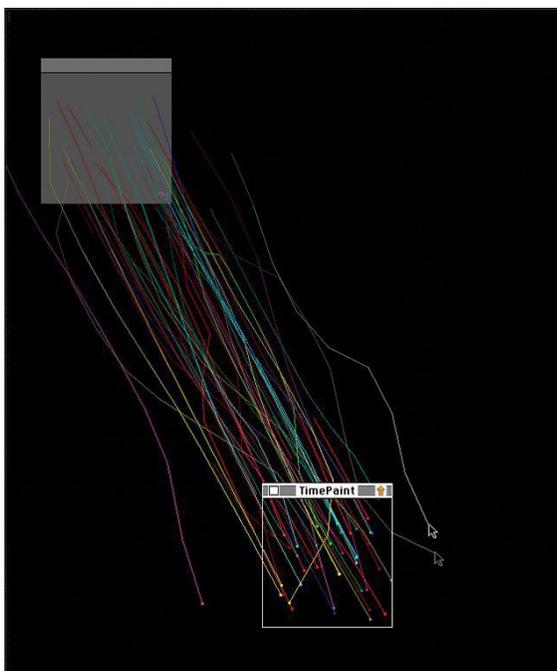


Nuevos Paradigmas

Con los avances de la tecnología, el diseñador ha tomado un rol activo en aprender, acercarse y usar las herramientas digitales para aprovechar sus singulares capacidades y características, y ampliar los límites de la expresión visual (Richardson, 2016). En el diseño gráfico, el computador creó un impacto rápido y masivo, artistas como Lorraine Wild y Emigre, se atrevieron a explorar este nuevo medio a pesar de las críticas del modernismo “hecho a mano” (Maeda & Antonelli, 2001). En medio de esta batalla, surge John Maeda (Fig 21), quien pudo demostrar que el computador es una herramienta poderosa, combinando el código informático con la estética del diseño como medio de expresión visual poderoso.

“Para lograr el objetivo de una representación visual, es esencial comprender los diversos tipos de datos a representar”

(Fig 21)



LI
HO

Tutorial

Ejemplo de Tabla

Esta es una tabla de ejemplo con datos generados aleatoriamente. Cada fila representa una muestra, y las variables son valores numéricos aleatorios entre 0 y 1 con una precisión de 3 decimales. Puedes personalizar esta tabla y sus datos según tus necesidades.

Nombre Muestra	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4	Variable 5	Variable 6
Muestra 1	0.438	0.165	0.743	0.990	0.895	0.943
Muestra 2	0.016	0.598	0.708	0.844	0.678	0.800
Muestra 3	0.878	0.095	0.092	0.756	0.530	0.260
Muestra 4	0.331	0.701	0.338	0.475	0.306	0.572
Muestra 5	0.849	0.513	0.027	0.887	0.371	0.058

GENERAR GRÁFICO

(Fig 22)

El aporte más importante de la obra de John Maeda, no es el resultado final, sino que su proceso. La idea fundamental de Maeda es que para diseñar con un computador, debemos crear, o por lo menos, entender el código que usamos (Maeda & Antonelli, 2001). Bajo esta misma línea, surgen referentes como Nathan Yau, quien realiza visualizaciones no sólo estéticamente interesantes, sino también incluye datos en tiempo real o interactividad con sus usuarios. En su libro “Flowing Data” dice: “Gana solo un poco de habilidades de programación, y puedes hacer mucho más con datos que si te quedaras solo con un software”. Las habilidades de programación nos dan la capacidad de ser más flexibles y capaces de adaptarse a diferentes tipos de datos (Yau, 2015).

Es crucial reconocer que los especialistas en visualización de datos concuerdan en que, para lograr el objetivo de represen-

tar información de manera visualmente efectiva, es esencial comprender los diversos tipos de datos a representar. Asimismo, surge un desafío importante al procesar bases de datos debido a sus variados formatos y extensiones. Por lo tanto, se destaca la relevancia de garantizar la compatibilidad entre las bases de datos, ya que esto facilita el acceso y la manipulación de los datos, permitiendo su integración en herramientas de visualización de manera más eficiente y efectiva.

Es importante señalar que los usuarios del presente proyecto, utilizan el formato .csv. Para abordar este desafío, se ha implementado en el proyecto, una guía interactiva (Fig 22), que muestra un ejemplo de la base de datos a utilizar, junto con los diferentes tipos de datos requeridos como entrada. Esto ayuda a comprender cómo organizar los datos de manera adecuada para su visualización.

HCS_total_ASV	relative_abundance	dataframe	Chlorophy Fungi	Dinoflagell	Ochrophy	Chlorophora	Metazoa	Sagenista	Cryptophy	Opalozoa	Picozoa	Haptophy	Rhodophy	Pseudofur	Cercozoa	Stramenno	Katableph	Telenemsi	Streptophy	Prasinode	Chaoanofl	Apicomple	Centrohel	Conosa	Radiolaria	Mesomycy	Lobosa	Apusomor	Alveolata	Metamora	Hilomona	Chrompod	Foraminif	Perkinsea	Opisthokonta_X			
C1A7	0.015861	0.570389	0.039573	0.111303	0.088008	0.003151	0.004544	0	0.008314	8.71E-05	0.115337	0	0.021693	0.004527	0.001706	0.001004	0.002159	0	0	0.000261	0	0	0.012117	0	0	0	0.000244	0	0	0	0.005222	0	0	0	0			
C1F8	0.257818	0.096768	0.368668	0.077468	0.062314	0.061205	0.055232	0.015669	0.022584	0.009501	0	0.005422	0.023562	0.000846	0.001079	0.002951	0	0.002238	0.002139	0	0.001525	0	0	0.000265	0	0	0.000116	0	0	0	0	0	0	0	0			
C1A8	0.379236	0.077365	0.259756	0.096661	0.064933	0.071737	0.009318	0.03541	0.0095	0.002886	0.013644	0	0.003591	0.000773	0	0.012568	0.016591	0	0.002296	0	0	0.000614	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C2A7	0.00201	0.952722	0.024816	0.007626	0.005796	0.001203	0.000736	0.000179	0.000682	0	0.001633	0	0	0.00122	0.000305	0	0.000108	0.000682	0.000413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C2F8	0.061889	0.028822	0.479079	0.247757	0.037439	0.012004	0.052621	0.017577	0.014795	0.003372	0.007754	0	0.004093	0.019163	0.0000295	0.004219	0.001308	0	0.001658	0.001806	0	0.000811	0	0	0.000461	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C2A8	0.305362	0.149219	0.332625	0.064139	0.04476	0.039661	0.008881	0.020151	0.004459	0.000486	0.00794	0	0.002017	0.001373	0	0.004045	0.003274	0	0.007357	0.000207	0.000245	0.000226	0.001204	0.001129	0.000151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C3A7	0.008721	0.78585	0.056326	0.120803	0.005071	0.001524	0.0062	0	0.000484	0	0.000894	0	0.000982	0.013044	0.000264	0.000249	0	0	0	0	4.40E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C3F8	0.023795	0.076931	0.117814	0.250215	0.101422	0.038753	0.027421	0.004865	0.006708	7.5E-05	0.017933	0.000166	0.000813	0.018024	0.000031	0.0003203	0.000203	7.5E-05	0.000993	0.001632	0	0.000121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C4A7	0.144078	0.008565	0.257462	0.230005	0.087451	0.11287	0.010123	0.03787	0.028399	0.00181	0.025564	0	0.019199	0.002082	0	0.012514	0.011699	0	0.006912	0.00191	0.000923	0.001803	0.000494	0	0	0	0.000172	0.000386	0	0	0	0	0	0	0	0		
C4F8	0.003955	0.924294	0.032463	0.021368	0.005663	0.00245	0.001035	0	0.001085	0	0.001015	0	0.00084	0.00399	0	0.000175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C4A8	0.043412	0.069207	0.157888	0.477842	0.092761	0.039145	0.038601	0.010243	0.012151	0.000354	0.023259	0	0.000895	0.022337	0.0002999	0.002047	0.002025	0.000275	0.000334	0.00175	0.000157	9.82E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C4F8	0.170672	0.07287	0.245692	0.216235	0.084408	0.067843	0.017524	0.035611	0.029582	0.001853	0.020503	0	0.006884	0.004402	0.000417	0.009701	0.002019	0	0.001794	0.00096	0.000501	0.001064	0	0	0.000205	0.00025	0.000647	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
F1A7	0.081234	0.160475	0.167486	0.036392	0.217512	0.02621	0.022996	0.149258	0.029705	0.049141	0.027116	0.000345	0.01261	0.002438	0	0.005134	0.003128	0.000129	0	0	0	0.002287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F1F8	0.028024	0.123234	0.260015	0.490374	0.007822	0.023904	0.037365	0.005563	0.007765	0.002329	0.002166	0.005	0.003939	5.70E-05	0.001934	0.000342	0	0	0.000584	0.000399	0	0	0	0	0	0	0.00057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F2A7	0.346039	0.080504	0.434786	0.029329	0.011288	0.022038	0.0145	0.03561	0.002933	0.004103	0.003286	0.000167	0.001374	0.000103	0	0.000687	0.001095	0	0.000813	0.000854	0.000984	0.000501	0	0	0.000204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F2F8	0.121616	0.407281	0.19948	0.021004	0.009578	0.029608	0.028329	0.035472	0.038415	0.025762	0.019603	0.000284	0.00347	0.00067	0.001522	0.002213	0	0.000284	0.003166	6.09E-05	0.005641	0.001684	0.000588	0.000325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F3A7	0.061445	0.184609	0.306271	0.273663	0.007047	0.074482	0.04846	0.007952	0.04316	0.003649	0.003856	0.000392	0.002286	0.004198	0.000273	0.003788	0.000785	3.41E-05	0.001194	0.000478	0.000392	0	0	0	0	0	0.000273	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
F3F8	0.448216	0.020995	0.205672	0.046968	0.071209	0.01782	0.038726	0.028612	0.00512	0.004384	0.003907	0	0.001231	0.000105	0.000874	0.00091	0	0.001909	0.000749	7.14E-05	0.000428	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F4A7	0.057427	0.668041	0.167863	0.006666	0.010215	0.03599	0.007612	0.010334	0.002235	0.012227	0.006035	0	0.001499	0.001657	9.8E-05	0.000907	0.000276	0	0.000789	0	0	0.000213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F4F8	0.085979	0.004188	0.451321	0.107077	0.018948	0.088872	0.089197	0.02791	0.026273	0.01442	0.009788	0.000097	0.000071	0.000976	0.00031	0.0001306	0	0.0010505	0.000739	0	0.000116	0	0.000248	0.000149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F5A7	0.294768	0.168963	0.456039	0.015913	0.010025	0.009129	0.01597	0.01376	0.001014	0.001919	0.001758	0.0000997	0.000061	0.000727	0	0.000473	0.000169	0	0.001198	0.000237	0.001116	0.000118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F5F8	0.032856	0.831864	0.088071	0.020904	0.003775	0.003153	0.006243	0.010931	0.003754	0.00838	0.004204	0.000359	0.000361	0.00056	0	0.000436	0.000664	0	0	0.000187	0.000104	0.000373	0	0.000456	0.000332	6.2E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F6A7	0.08648	0.07741	0.495649	0.097256	0.01232	0.070976	0.086973	0.027458	0.012982	0.016411	0.009121	0.000443	0.000597	0.010744	0.000462	0.000199	0.001066	0	0.000907	0.000484	4.78E-05	0.000414	0	0	0	0.000637	0.000223	0	0.000207	0.000334	0	0	0	0	0	0		
F6F8	0.302508	0.091174	0.393884	0.044533	0.04589	0.015749	0.021524	0.056377	0.005922	0.005335	0.001137	0	0.000823	0.002145	0	0.000179	0.0002145	0	0.000187	0.000592	0.000218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H1A7	0.466607	0.15175	0.213648	0.025283	0.013747	0.015381	0.023444	0.019148	0.01817	0.018284	0.008219	0.003218	0.003004	0	0	0.00135	0	0	0.000148	0.000221	9.9E-05	0	0	0	0	0	0.000479	0.000314	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H1F8	0.663801	0.049533	0.136464	0.025109	0.036215	0.031651	0.020888	0.015218	0.005514	0.005243	0.002773	0	0.005202	0.001538	0.000187	0.000592	0.000218	0	0	0.000787	0.000525	0	0	0	0	0	0	0.000389	0	0	0	0	0	0	0	0		
H2A7	0.496766	0.00775	0.225636	0.044784	0.046421	0.085046	0.02859	0.024422	0.007055	0.008197	0.009	0.0002748	0.002702	0.000222	0	0.000401	0.001374	0	0.000124	0.001019	0.000319	0	0	0	0	0	0.001312	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
H2F8	0.499162	0.098756	0.247664	0.015228	0.014371	0.006422	0.023772	0.01076	0.019751	0.020328	0.034444	0	0	0.002496	0	0	0.000335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H3A7	0.591933	0.022258	0.190909	0.024776	0.037336	0.008854	0.031502	0.027651	0.004435	0.004094	0.007132	0.000617	0.003168	0.002161	0	0.00325	0.002047	0.000162	0.000487	0.000336	0	0	0	0	0	0.000244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
H3F8	0.483057	0.004084	0.263909	0.052273	0.028048	0.074236	0.024931	0.031623	0.005938	0.008578	0.002838	0.000387																										

A continuación, se presentan los distintos tipos de datos que forman parte fundamental del proyecto, junto con sus respectivas aplicaciones. Aunque las explicaciones se detallarán más adelante en el desarrollo del proyecto, se proporciona una breve visión general para obtener una comprensión preliminar.

Tipos de Datos

Base de datos relacional:

Explicación: Una base de datos relacional es un sistema de gestión de datos que se basa en el modelo relacional. Este modelo organiza los datos en tablas, donde cada tabla representa una entidad o concepto particular. Las relaciones entre las entidades se establecen mediante claves primarias y claves externas.

Aplicación en el proyecto: En el proyecto, se utilizan bases de datos relacionales para almacenar y gestionar la información científica. Los datos se organizan en tablas con columnas que representan atributos específicos. Las relaciones entre las tablas permiten establecer conexiones y obtener información relacionada. Por ejemplo, cada fila representa una instancia del muestreo, y cada columna, una instancia de las variables a considerar.

Diccionarios:

Explicación: En el contexto del proyecto, un diccionario es una estructura de datos que permite organizar y acceder a información de manera eficiente. Consiste en una colección de pares clave-valor, donde cada clave se asocia con un valor específico.

Aplicación en el proyecto: En el proyecto, los diccionarios se utilizan, entre otras cosas, para almacenar y enviar archivos GLB en forma de bytes. El diccionario organiza los archivos GLB, permitiendo acceder a ellos mediante una clave única. De esta manera, se facilita la gestión y envío de los archivos desde el servidor al cliente, generados por el proyecto.

Bytes

Explicación: Un byte es una unidad de medida que representa 8 bits de datos en sistemas informáticos. Cada byte puede contener información en forma binaria, como números, texto, imágenes u otros tipos de datos digitales.

Aplicación en el proyecto: Los bytes son utilizados en el proyecto para representar y transferir información. Por ejemplo, los archivos GLB generados por el proyecto se envían en forma de bytes en un protocolo HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) para su almacenamiento, transmisión y posterior visualización tridimensional. Los bytes permiten la representación compacta y eficiente de los datos digitales utilizados en el proyecto.

Strings (Cadenas de texto):

Explicación: Los strings son secuencias de caracteres que representan información en forma de texto descriptivo.

Aplicación en el proyecto: En el proyecto, los strings se utilizan para representar etiquetas, descripciones, nombres de objetos, títulos u otra información textual relevante. Por ejemplo,

se utilizan para etiquetar los elementos de visualización como las variables u objetos, y así identificarlos por su nombre, lo cual es necesario por ejemplo para distinguir entre distintas variables o cuando el usuario quiera filtrar muestras.

Números:

Explicación: Los números son valores numéricos utilizados en el análisis y cálculo científico.

Aplicación en el proyecto: En el proyecto, los números se utilizan para representar mediciones, magnitudes u otro tipo de datos cuantitativos relevantes. Por ejemplo, se pueden utilizar para representar valores de cantidad, que sean necesarios para el estudio o análisis científico.

Datos geométricos:

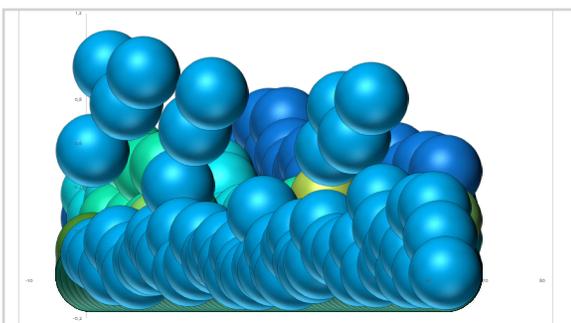
Explicación: Los datos geométricos se refieren a información relacionada con la geometría de un objeto, sus atributos espaciales y su posición en un sistema de coordenadas.

Aplicación en el proyecto: En el proyecto, los datos geométricos se utilizan para representar la forma, tamaño, posición y otros atributos espaciales de los objetos tridimensionales. Además, se utilizan los nodos para identificar los objetos padres e hijos que componen el árbol del archivo final. Estos datos geométricos se pueden almacenar y manipular en formatos específicos, como archivos GLB, para su posterior visualización y análisis en el proyecto.

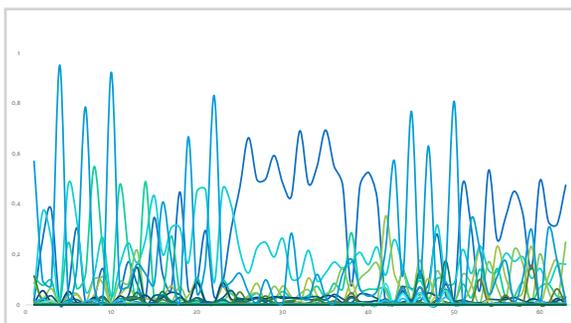
Teoría de la Gestalt

La teoría de la Gestalt, basada en esta perspectiva más activa y creativa de la mente humana, revolucionó la psicología al postular que la percepción era el proceso inicial de la actividad mental y no un derivado cerebral de estados sensoriales (Köhler, 1929). Según Koffka (1935), la percepción era un proceso de extracción y selección de información relevante encargado de generar un estado de claridad y lucidez consciente que permitía el desempeño dentro del mayor grado de racionalidad y coherencia posibles con el mundo circundante.

Para demostrar la relación entre percepción y conceptualización de manera experimental, Koffka llevó a cabo un trabajo en el laboratorio que permitió descubrir las leyes de la percepción. Estas leyes confirmaron la teoría existente, llegando a ser considerada uno de los enfoques más influyentes



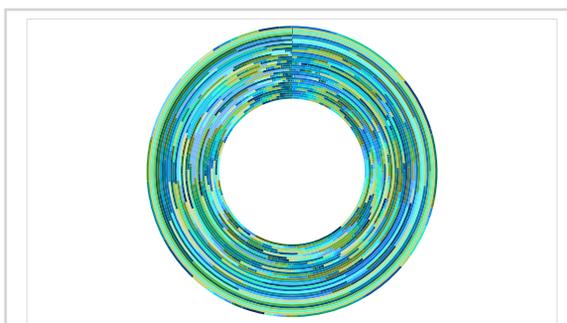
Semejanza: los elementos que comparten características similares, como el color, la forma o el tamaño, tienden a ser agrupados juntos.



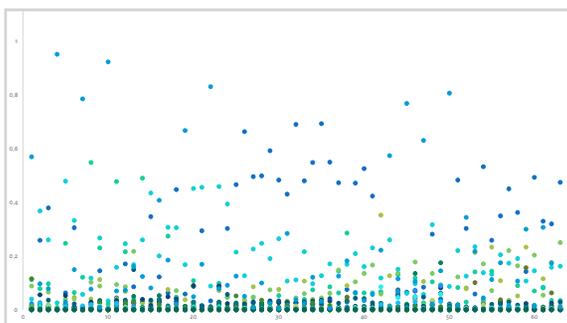
Cierre: nuestro cerebro tiende a completar patrones y formas incompletas para formar una imagen completa y coherente.

en la teoría visual y el diseño gráfico (Albers, 1963; Rand, 1985; Tufte, 1990; Lupton, 2004; Norman, 2013). En relación con el proyecto de Título, algunas de las leyes de percepción relevantes están graficadas directamente en Excel, un software de Microsoft, conocido por procesar datos. A continuación, se presentan las visualizaciones hechas por dicho programa, con los datos antes presentados, que son los que se utilizarán en el software. Se puede ver la leyenda que contiene las variables, junto con su visualización correspondiente.

Al aplicar estos principios en visualización de datos, podemos crear visualizaciones que sean fáciles de entender y que permitan a los usuarios identificar patrones y tendencias de manera eficiente (Yau, 2014).



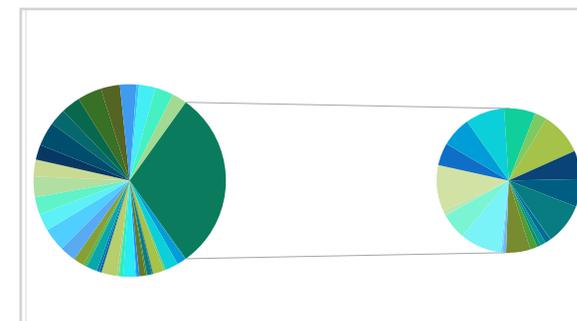
Continuidad: los elementos dispuestos en una línea o curva continua tienden a ser percibidos como una unidad.



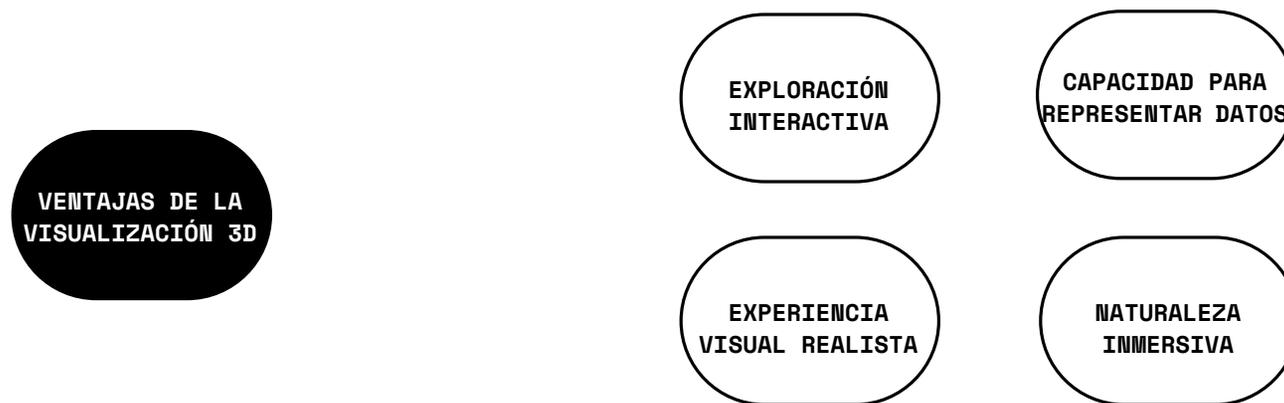
Proximidad: los elementos que están cerca entre sí tienden a ser agrupados juntos y percibidos como una unidad.



Leyenda de la Data seleccionada para el Proyecto



Simetría: los elementos que son simétricos tienden a ser percibidos como una unidad coherente.



(Fig 24)

Visualización 3D

La visualización tridimensional (3D) ha mejorado las posibilidades de facilitar la comprensión de fenómenos complejos (Silén et al., 2008). El análisis de datos asistido por visualización 3D en tiempo real puede ayudar eficazmente a un investigador a producir y corregir resultados biológicamente significativos en estas situaciones complicadas. Por lo tanto, es muy deseable contar con herramientas de software que puedan visualizar simultáneamente grandes conjuntos de datos de imágenes multidimensionales, permitir al usuario interactuar con la computadora y extraer resultados de análisis cuantitativos (Peng et al., 2010).

Para temas educativos, los modelos 3D interactivos, también son una muy buena herramienta de estudio para los estudiantes, ya que les ayudan a comprender de manera simple y correcta la información, ya que la tridimensionalidad permite

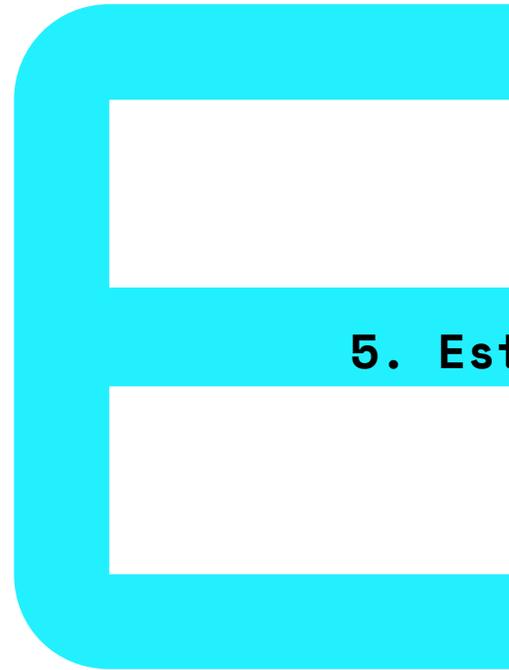
apreciar relaciones topográficas y funcionales realmente complejas (Brazina et al., 2014).

Los entornos virtuales tridimensionales ofrecen una experiencia inmersiva que los hace adecuados para aplicarlos en la enseñanza (Lizarralde, 2017). El aprendizaje inmersivo se da gracias a los avances tecnológicos relacionados con procesos que son ricos en interfaces de usuario; los cuales representan situaciones realistas en donde podemos lograr procesos pedagógicos complejos ya que son entornos en los cuales los estudiantes pueden participar y sumergirse en experiencias que fomenten un aprendizaje significativo (Ly, Saadé & Morin, 2017). Por ejemplo, el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos (NIH) posee un sitio que simula un pueblo en el cual se le permite al usuario conocer los químicos tóxicos en el suelo, agua y aire que pueden ser hallados en lugares como fábricas, centros de salud, colegios, casas, parques y puertos pesqueros de zonas urbanas o rurales. Esta experiencia logra en los estudiantes una visión memorable y esclarecedora del tema, que

en muchos casos el aula tradicional no puede ofrecer; además, estas actividades son muy gratificantes y atractivas para estudiantes de todas las edades (Ayala Pezzutti et al., 2020).

El estudio realizado por Silén et al. (2008) sobre la epistemología de los estudiantes de medicina reveló que la visualización de imágenes y películas en 3D tuvieron un impacto significativo en la comprensión de las variaciones biológicas y las dimensiones de los órganos. Estas representaciones tridimensionales permitieron apreciar con mayor claridad el espacio anatómico y las relaciones entre las estructuras. En comparación con las disecciones tradicionales, las disecciones virtuales proporcionaron una perspectiva más detallada y la capacidad de explorar las estructuras desde diferentes ángulos, lo cual resultó altamente instructivo.

En la (Fig 24), se muestran las distintas ventajas de la visualización tridimensional frente a la visualización tradicional o de dos dimensiones.



5. Estado del Arte

Antecedentes

Durante el análisis de los antecedentes recopilados, se han identificado diversas soluciones que son ampliamente utilizadas por la comunidad científica.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que cada una de estas soluciones presenta ciertas limitaciones y que su adopción por parte de los usuarios puede variar.

Software de visualización de datos simples:

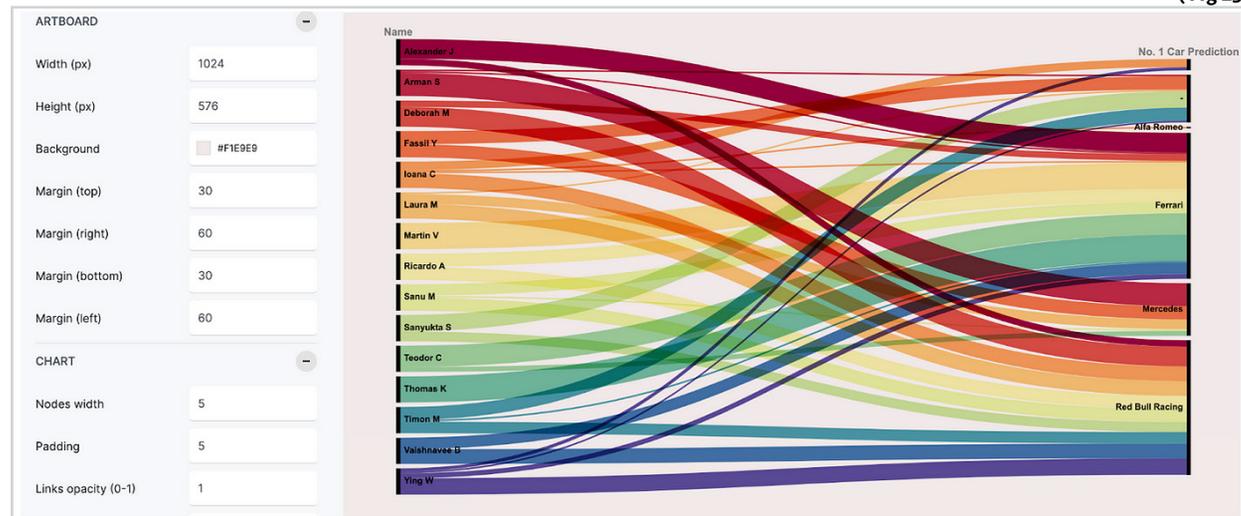
RAWGraphs:

Es un software de visualización de datos de código abierto que permite crear visualizaciones personalizadas a partir de datos tabulares. Ofrece una amplia variedad de opciones de visualización.

No se requieren conocimientos en programación.

Se requieren conocimientos en Programación?

Si No



Antecedentes

Software de visualización de datos interactivos y web:

● D3.js:

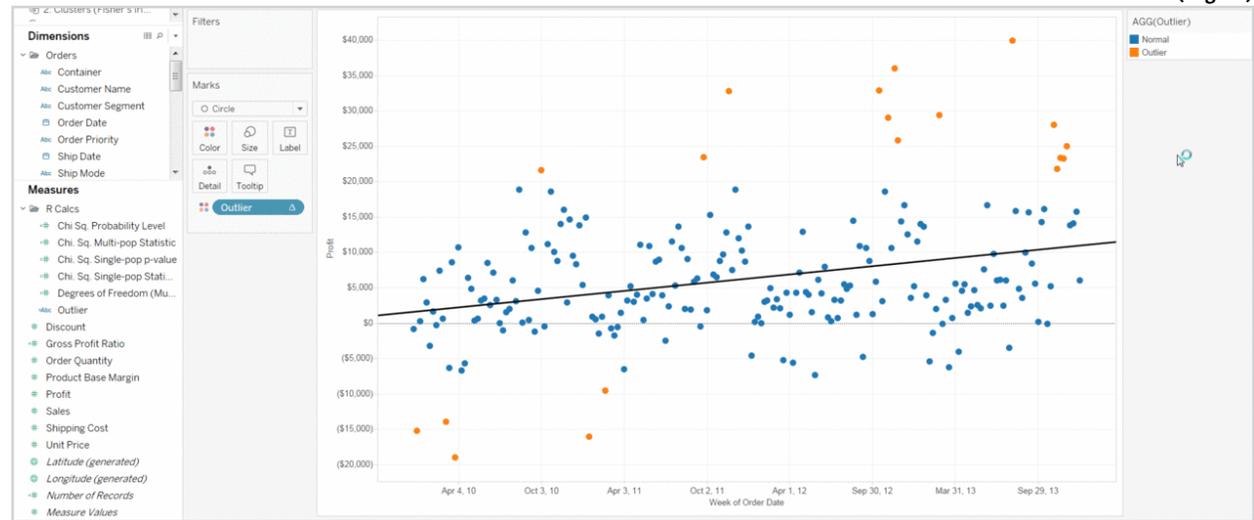
Es una biblioteca de JavaScript que permite crear visualizaciones personalizadas y dinámicas en la web. Una de sus principales fortalezas radica en su capacidad de brindar un control completo sobre los elementos visuales y las interacciones.

Se requieren conocimientos avanzados en programación en Javascript

Se requieren conocimientos en Programación?

Si No

(Fig 26)

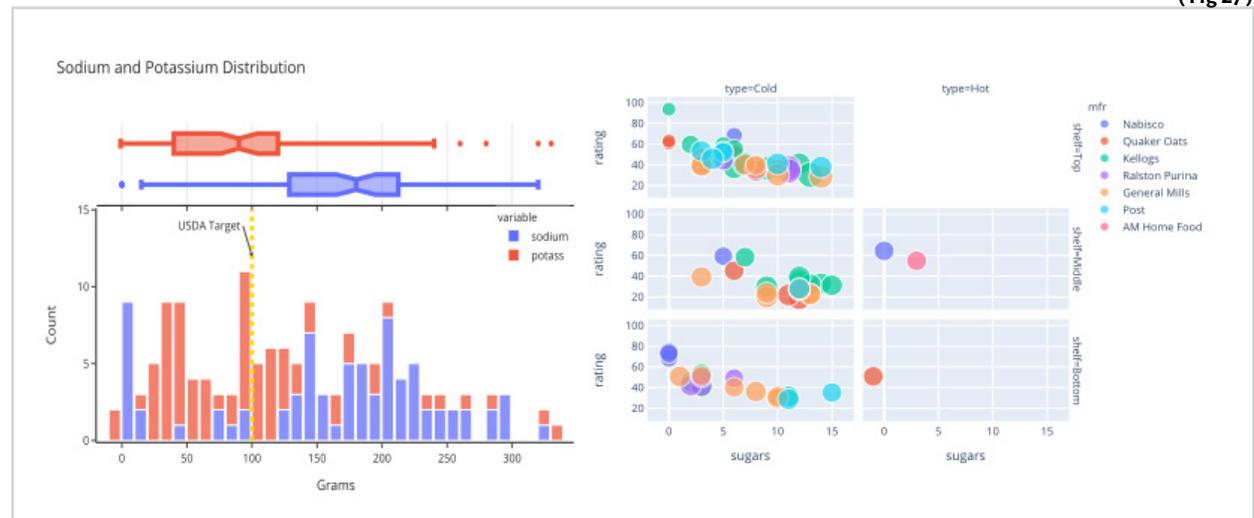


● Plotly:

Plotly es una poderosa herramienta interactiva de visualización de datos que facilita la creación de gráficos y visualizaciones personalizadas con calidad de publicación. Es importante tener en cuenta que Plotly ofrece tanto una versión gratuita como una versión de pago con características adicionales, lo que implica que algunas funcionalidades pueden estar limitadas a usuarios que opten por suscripciones de pago.

Se requieren conocimientos en programación en Python.

(Fig 27)



Antecedentes

Software de visualización y análisis de datos científicos:

● Matplotlib:

Es una biblioteca de Python para la creación de gráficos y visualizaciones científicas. Ofrece una amplia gama de opciones de visualización y personalización.

Se requieren conocimientos en programación en Python.

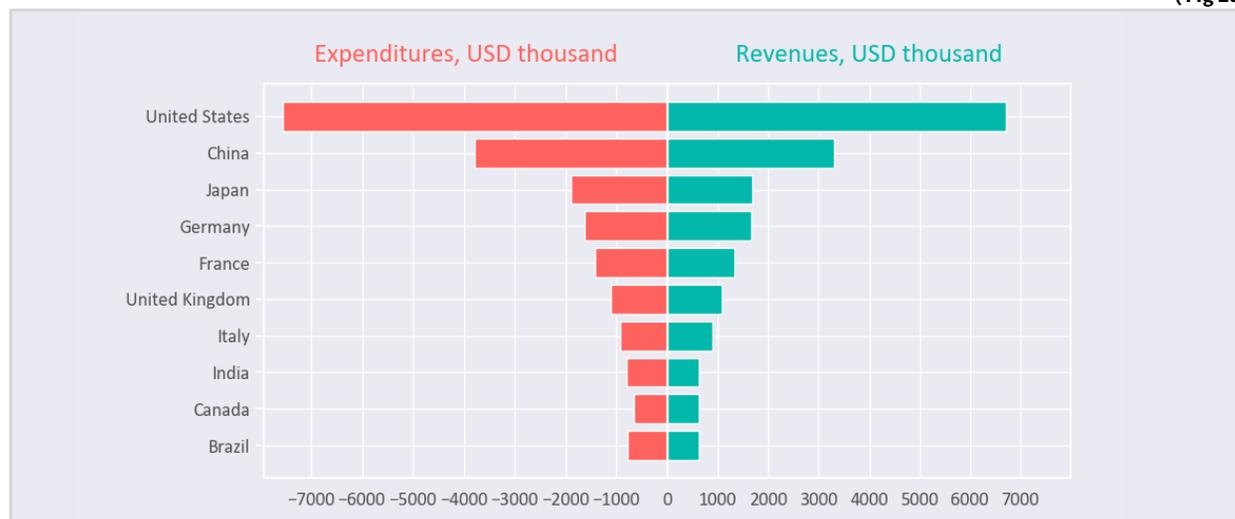
○ Origin:

Es un software especializado en la visualización y análisis de datos científicos. Ofrece herramientas para crear gráficos 2D y 3D, realizar ajustes de curvas y realizar análisis estadísticos. No se requieren conocimientos en programación.

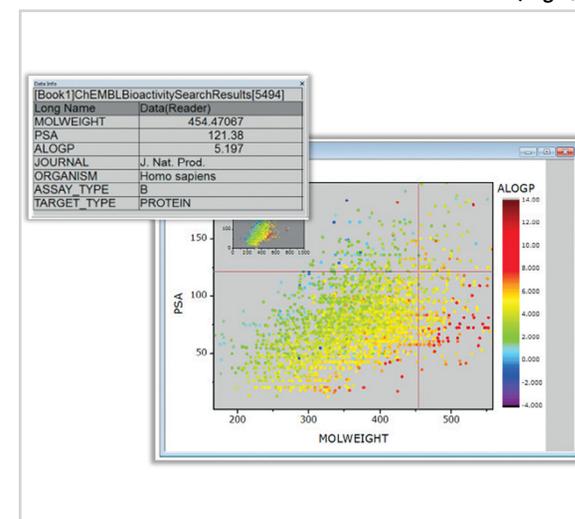
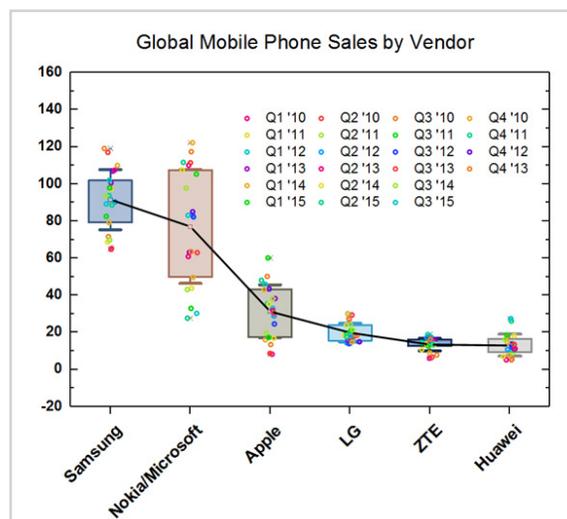
Se requieren conocimientos en Programación?

● Si ○ No

(Fig 28)



(Fig 29)

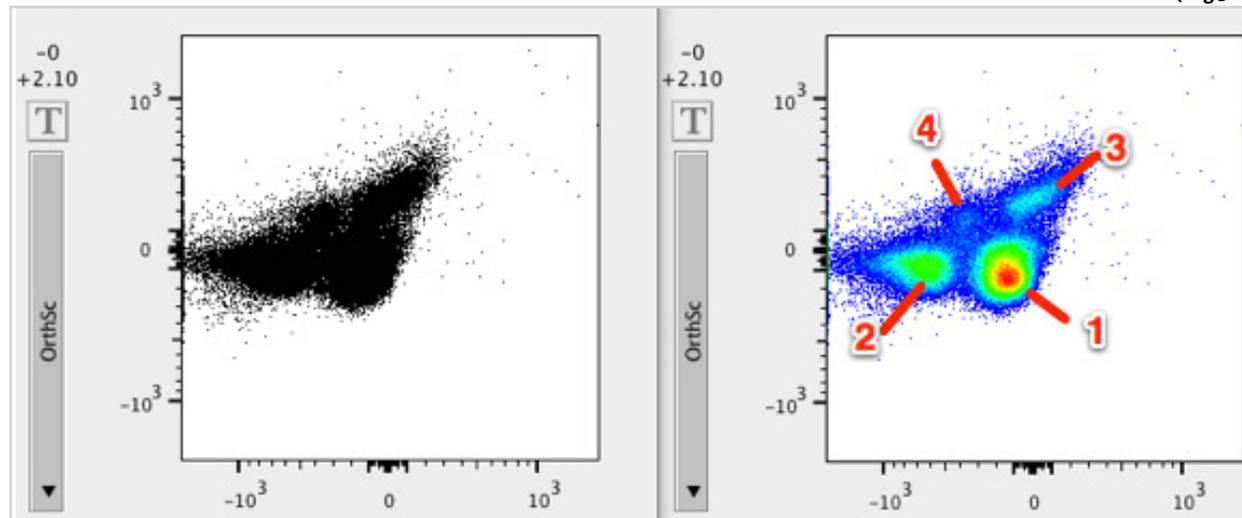


Antecedentes

Software de visualización de datos específicos:

FlowJo

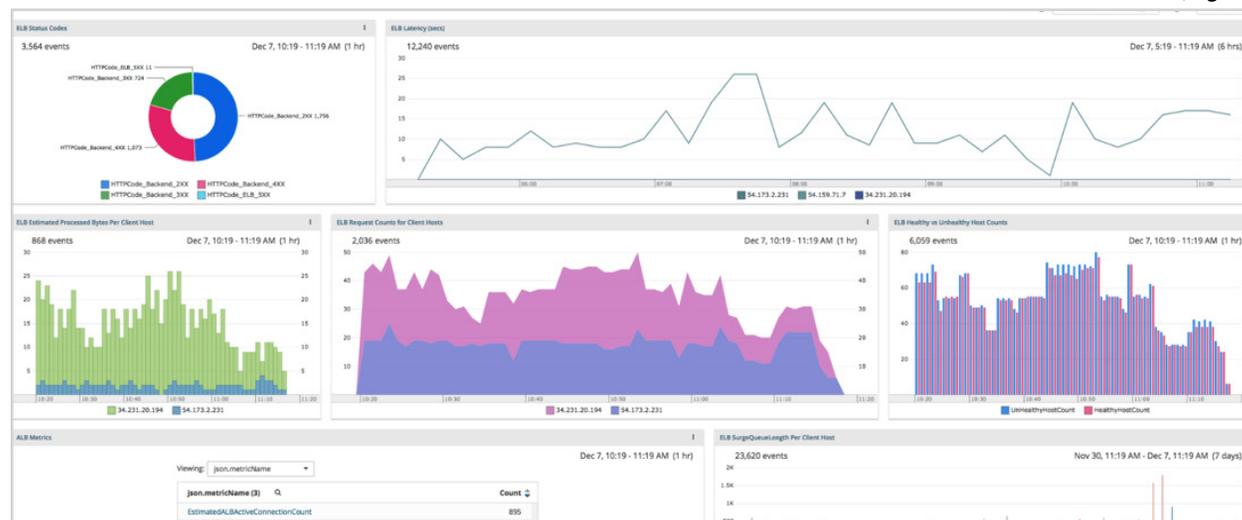
Es un software utilizado en el campo de la citometría de flujo para el análisis y visualización de datos. Permite la exploración y el análisis de datos de citometría de flujo de forma interactiva. Los archivos producidos por los citómetros de flujo modernos se escriben en el formato estándar de citometría de flujo con una extensión de archivo .fcs. No se requieren conocimientos en programación.



(Fig30)

Logly:

Es un software especializado en la visualización de datos de registro (logs) y análisis de registros en tiempo real. Permite monitorear y analizar grandes volúmenes de datos de registro. Se requieren conocimientos básicos en programación.



(Fig31)

Se requieren conocimientos en Programación?

Si No

En el desarrollo del curso BIO346D, Desafíos de las Ciencias Biológicas y el Diseño de mi profesor guía, se constata el amplio interés por parte de las y los estudiantes en profundizar sus habilidades en herramientas de dibujo vectorial (e.g. Adobe Illustrator) para mejorar las visualizaciones que generan desde herramientas de análisis de Datos correspondientes a los indicados anteriormente (Durán, A. 2023)

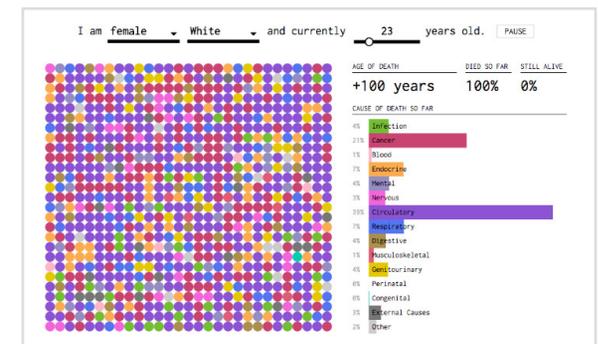
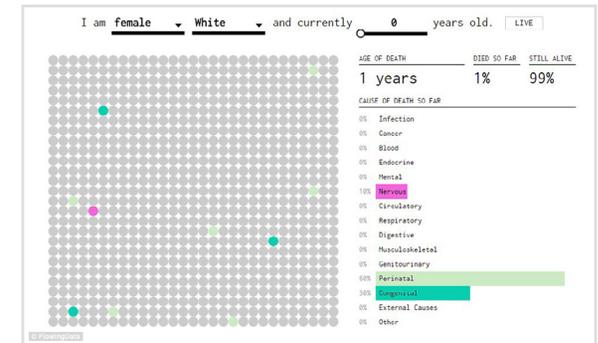
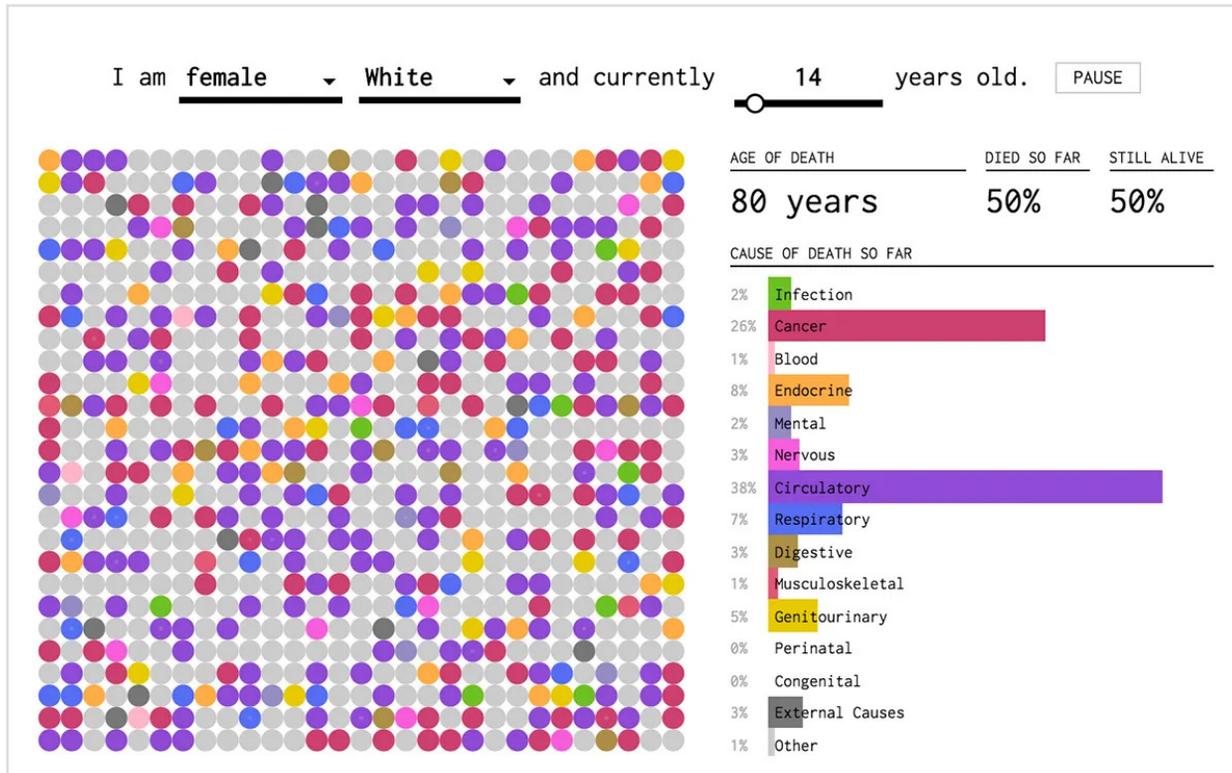
A partir de la crítica planteada por el usuario y considerando todo lo expuesto en el documento, se identifica una clara necesidad de contar con herramientas que permitan desarrollar gráficos de mayor calidad en comparación con las opciones existentes. Con base en esta premisa, se propone el Patrón de Valor como una solución destacada frente a las alternativas actuales.

Patrón de Valor

La proliferación de mecanismos automatizados de obtención de datos y el consecuente aumento en el tipo y magnitud de estas bases de datos (BBDDs) ha desencadenado un cambio en el paradigma epistemológico sobre la obtención del conocimiento científico. El método tradicional de teoría basada en hipótesis, experimentos y simulaciones avanza hacia una ciencia exploratoria intensiva en información y basada en datos. La cantidad de investigaciones publicadas y su diversidad disciplinar van más allá de lo que los expertos de un campo determinado pueden razonar. Sin embargo, es común encontrarse con softwares de visualización de datos complejos que presentan carencias en términos de automatización, representatividad y diseño amigable. Estas limitaciones pueden suponer un obstáculo para el análisis y comprensión de los datos, sobre todo para aquellos usuarios que no poseen conocimientos especializados.

Debido a nuestra capacidad evolutiva de descubrir patrones visuales, una de las mejores formas de explorar y entender los datos, es con su visualización. En este sentido, el diseño visual de la información es importante no solo para aumentar la perceptibilidad, sino también para revelar los patrones que se presentan dentro de la información compleja.

LiHO es una plataforma open-source que permite a la comunidad científica analizar, manipular y visualizar bases de datos científicas de manera tridimensional y multivariable. Procesa archivos .Csv y los transforma en archivos .gltf descargables, que se muestran en una plataforma web interactiva. LiHO es accesible para usuarios sin experiencia técnica gracias a su interfaz amigable y enfoque intuitivo. Además, brinda la posibilidad de descargar las visualizaciones en formato gltf. Su objetivo es facilitar el descubrimiento de nuevos conocimientos a partir de datos complejos y mejorar la calidad visual de las representaciones actuales.



(Fig 32)

Referentes

Nathan Yau

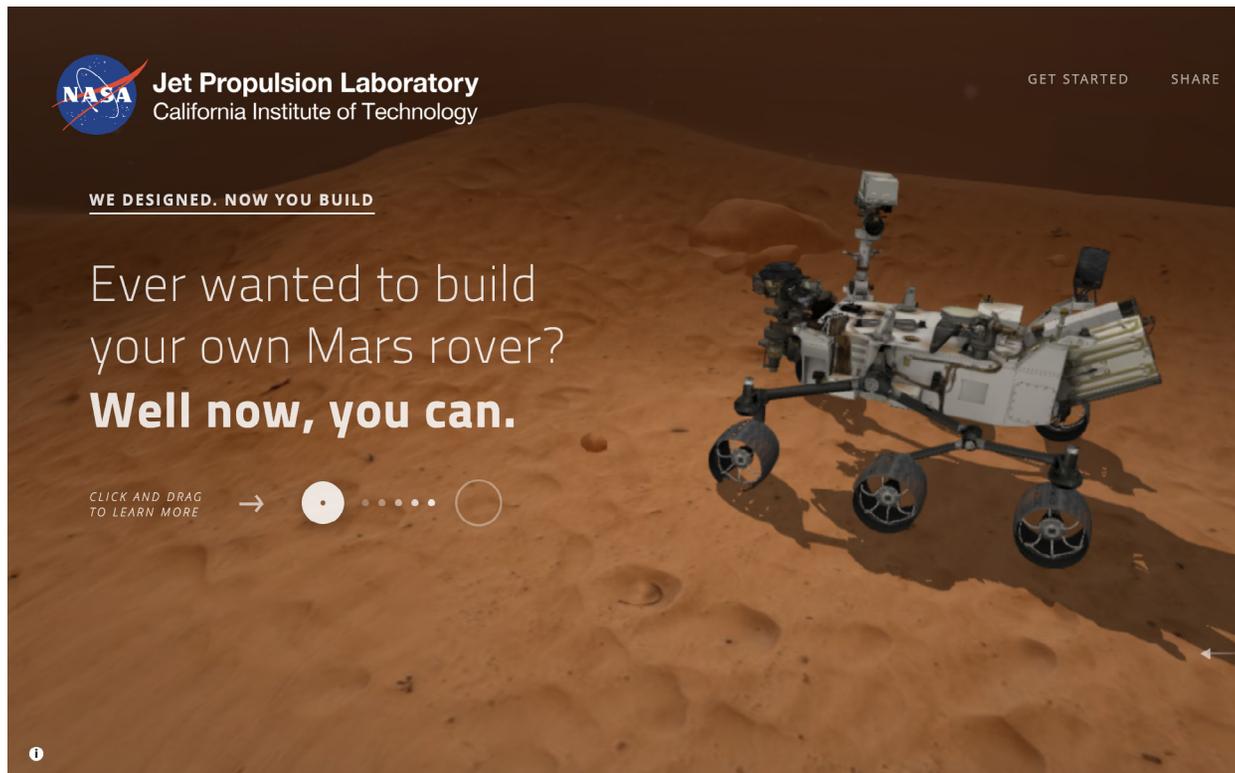
Nathan Yau es un reconocido estadístico, autor y visualizador de datos estadounidense. Ha escrito varios libros sobre visualización de datos, como "Data Points: Visualization That Means Something" y "Visualize This: The FlowingData Guide to Design, Visualization, and Statistics". Es conocido por ser el creador del popular sitio web FlowingData.com, donde comparte sus proyectos y trabajos.

Uno de sus proyectos destacados es "How You Will Die" (Fig 32), una visualización de datos que muestra la cantidad de personas fallecidas en Estados Unidos entre 1999 y 2014, junto con las causas de muerte. Lo interesante de este proyecto es que utiliza la interactividad como una forma de resumir visualmente la información. Utiliza dropdown menús que permiten filtrar opciones y explorar los datos de manera más específica y personalizada.

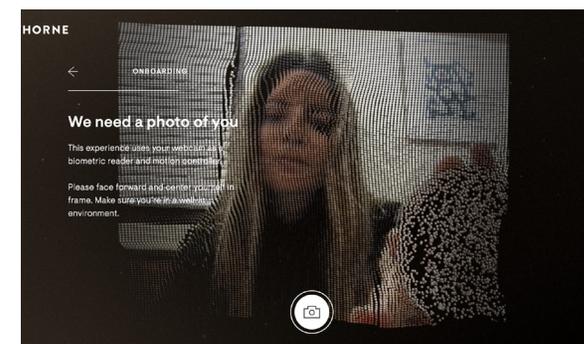
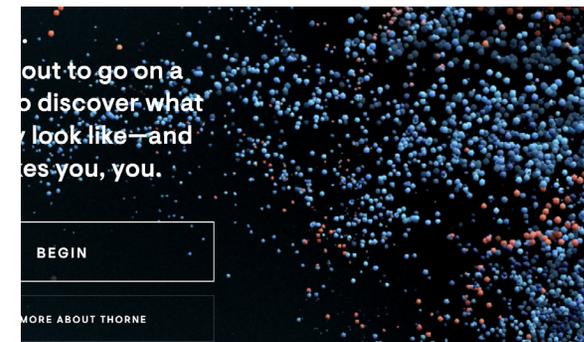
A través de su trabajo, Yau demuestra su habilidad para utilizar la visualización de datos como una herramienta efectiva para comunicar información compleja de manera clara y accesible. Su enfoque en la interactividad y la personalización permite a los usuarios interactuar con los datos y descubrir patrones y tendencias de una manera más significativa.

Para interactuar con la plataforma, se puede acceder mediante este [enlace](#).

En el presente proyecto, se ha tomado como fuente de inspiración la aplicación desarrollada por Nathan Yau en relación al uso del color y la interactividad. Su enfoque ha sido una referencia clave para crear una experiencia similar, poniendo énfasis en la utilización efectiva del color y la implementación de interactividad con el objetivo de mejorar la exploración y comprensión de los datos. La visión y el trabajo de Nathan Yau han sido una influencia significativa en el enfoque de diseño y funcionalidad adoptado en este proyecto.



(Fig 33)



(Fig 34)

Active Theory

Active Theory es una agencia de diseño y desarrollo digital, especializada en la creación de experiencias interactivas, interfaces y contenido visualmente enriquecido. Su enfoque se centra en la combinación de tecnología, diseño y creatividad para proporcionar experiencias digitales inmersivas y memorables.

Una de las fortalezas distintivas de Active Theory radica en su expertise en el manejo de modelos 3D, lo que les ha permitido crear interfaces innovadoras que establecen conexiones significativas con los usuarios. Su trabajo abarca una amplia gama de proyectos, desde sitios web y aplicaciones móviles hasta instalaciones interactivas y experiencias de realidad virtual y aumentada. Su enfoque innovador los ha posicionado como

líderes en el campo del diseño de experiencias inmersivas (Fig 33 y Fig 34).

El trabajo de Active Theory abarca una amplia gama de proyectos, desde sitios web y aplicaciones móviles hasta instalaciones interactivas. Su enfoque se basa en la combinación de narrativas cautivadoras, animaciones fluidas y usabilidad intuitiva para lograr experiencias de usuario envolventes.

Entre los clientes destacados de Active Theory se encuentran marcas como Google, Nike, Facebook, Airbnb, Red Bull, Sony, Disney y BMW, entre otros. Su enfoque innovador y su capacidad para crear experiencias interactivas y visualmente impresionantes los han convertido en un socio confiable y buscado para proyectos digitales de alto nivel. Se puede conocer más sobre el proyecto mediante este [enlace](#).

Active Theory ha sido una fuente de inspiración tanto para el proyecto como a nivel personal. Como profesional, siempre se ha tenido el deseo de crear experiencias similares a las ofrecidas por Active Theory. Por esta razón, se decidió plasmar esa inspiración en el proyecto Liho, ya que sus características permiten desarrollar experiencias creativas y interactivas de manera efectiva. Liho brinda la plataforma ideal para explorar la creatividad y ofrecer experiencias visuales impresionantes, siguiendo el ejemplo de Active Theory. Con Liho, se espera proporcionar una aproximación única y cautivadora en el desarrollo de experiencias en línea, buscando sorprender y cautivar a los usuarios de la misma manera en que Active Theory lo hace con sus destacados trabajos.



(Fig 35)

Peter Beshai

Peter Beshai es un investigador y desarrollador, creador de un proyecto enfocado en la visualización de la toxicidad en las conversaciones de Twitter (Fig 35). Se destacan sus técnicas de manejo de texturas y nodos para representar de manera visual la presencia de comportamientos tóxicos en los intercambios de mensajes en esta plataforma.

Beshai ha desarrollado métodos innovadores para analizar y visualizar grandes conjuntos de datos provenientes de conversaciones en Twitter. Utilizando técnicas de procesamiento de lenguaje natural y algoritmos de aprendizaje automático, es capaz de identificar patrones de toxicidad y comportamiento inapropiado en los mensajes.

Su manejo de texturas, consiste en asignar características visuales a los diferentes elementos de las conversaciones con el fin de resaltar la toxicidad. Esto puede incluir el uso de colores intensos, tamaños de texto o efectos visuales específicos para resaltar palabras o frases ofensivas.

Además, Beshai utiliza nodos y enlaces para representar las interacciones entre los usuarios y las conversaciones en Twitter. Mediante la creación de visualizaciones de redes, es capaz de mostrar de manera intuitiva cómo se propagan los mensajes tóxicos y cómo afectan a la comunidad en general.

La calidad excepcional de los gráficos resultantes invita a las personas a explorarlos, ya que son visualmente atractivos y transmiten la información de manera clara y concisa. Esta innovadora representación ha sido una verdadera inspiración

para el presente proyecto, donde se busca generar modelos 3D con la capacidad de agregar texturas y elementos visualmente atractivos.

La idea es que, al igual que en las visualizaciones de Beshai, el proyecto pueda presentar datos complejos de manera visualmente estimulante, lo que potenciará el interés y la participación de los usuarios. Al lograr que la información sea más accesible y atractiva, se espera crear una experiencia interactiva y enriquecedora para quienes interactúen con los modelos 3D generados.



(Fig 36)

Blender

Blender (Fig 36) es un software de diseño y animación 3D de código abierto y gratuito ampliamente reconocido por su versatilidad, calidad y amplio conjunto de herramientas. Es utilizado tanto en el desarrollo de videojuegos como en la producción de películas por numerosos estudios de animación y cine.

Una de las fortalezas de Blender es su comunidad activa de desarrolladores, que ha permitido expandir su funcionalidad mediante la incorporación de la biblioteca bpy. Esta biblioteca brinda a los usuarios la posibilidad de personalizar y extender las capacidades del software a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API). Con bpy, es posible crear complementos, scripts y herramientas personalizadas que se

ajusten a necesidades específicas y mejoren el flujo de trabajo en diseño y animación 3D.

La flexibilidad y capacidad de personalización que ofrece bpy son fundamentales en proyectos como Liho. Esta biblioteca permite realizar modelado en 3D sin necesidad de interactuar directamente con el software Blender. Esto resulta especialmente beneficioso para la comunidad científica, ya que pueden aprovechar la potencia de Blender en un entorno personalizado, adaptado a sus necesidades específicas, sin requerir que se sumerjan en el complejo funcionamiento del software.

Al utilizar bpy, es posible obtener animaciones de alto nivel y aprovechar todas las capacidades que Blender ofrece en términos de renderizado, animación y efectos visuales, sin tener

que dedicar tiempo a aprender y familiarizarse con el software completo. Esto permite que los científicos y profesionales en campos no relacionados con la animación 3D puedan utilizar las funcionalidades avanzadas de Blender de manera más accesible y efectiva, centrándose en su trabajo principal sin perder calidad e impacto visual.

El proyecto parte de Blender como base y busca desarrollar un frontend que permita generar archivos en Blender de forma interactiva y sencilla. La combinación de la potencia de Blender con una interfaz intuitiva facilitará la creación de modelos 3D y fomentará la creatividad y personalización de proyectos.



6. Contexto y Usuario

Investigador Científico de Universidades Complejas .

El usuario corresponde a un científico que investiga en una universidad compleja, que consiste en un tipo de universidad que se distingue de las casas de estudios superiores, ya que además de formar profesionales y de las actividades en aulas, generan conocimiento científico a través de la investigación.

Son personas altamente capacitadas y dedicadas a la investigación en una determinada área del conocimiento, que trabajan en una universidad reconocida por su excelencia académica y científica.

Este investigador puede tener diferentes roles y responsabilidades dentro de la universidad, dependiendo de su nivel de experiencia y de la naturaleza de su investigación. Por lo general, los científicos investigadores en universidades complejas suelen tener un título de doctorado y haber llevado a cabo investigaciones de alto nivel en su campo.

Entre las responsabilidades típicas de un científico investigador en una universidad compleja se encuentran la realización de investigaciones originales, la publicación de sus resultados en revistas científicas de prestigio, la obtención de fondos para su investigación, la colaboración con otros científicos e instituciones, y la supervisión de estudiantes y postdoctorados que trabajan en su laboratorio.

Además, los científicos investigadores en universidades complejas suelen estar involucrados en actividades de enseñanza y divulgación científica, como la impartición de clases, la organización de seminarios y la participación en conferencias y otros eventos científicos. En general, se espera que los científicos investigadores en universidades complejas sean líderes en

su campo y contribuyan de manera significativa al avance del conocimiento científico.

La investigación es uno de los pilares de las universidades complejas como la UC. Ha habido una importante evolución de la política de investigación de la universidad y de su institucionalidad. Este progreso se ha expresado en una consolidación y expansión sistemática de la actividad investigativa, de innovación y transferencia que ha respondido adecuadamente al creciente aumento de su complejidad, y al posicionamiento de la Universidad Católica como un líder nacional y regional en la investigación de frontera. (UC, 2018)



7. Formulación/Objetivos

Qué

Software de código abierto para visualización inmersiva, tridimensional y multivariable de datos científicos.

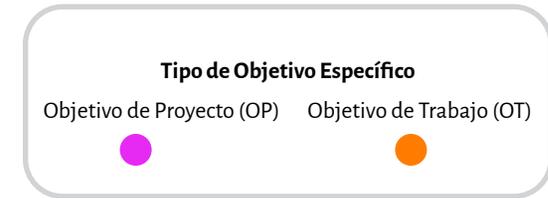
¿Por Qué?

La epistemología de los datos científicos presenta un desafío en constante crecimiento, pero también abre una oportunidad de diseño. Al explorar enfoques innovadores disciplinares, como la visualización tridimensional, se amplía la capacidad de comprensión de la información.

¿Para Qué?

Utilizar herramientas digitales de código abierto para establecer conexiones visuales entre fuentes de información, que fomentará una indagación basada en capacidades visuales tanto en la comunidad científica como en las personas en general, permitiendo una exploración más profunda y una comprensión intuitiva de los datos científicos.

Objetivos Específicos



OT - Caracterizar las herramientas digitales - librerías, paquetes y frameworks - de trabajo con las BBDDs y medios de visualización dentro del marco del proyecto.

I.O.V: Comparación de estos campos y formatos para su uso en las distintas dependencias o librerías que el proyecto utilizaría.

OT - Iterar sobre los resultados de las pruebas y la retroalimentación de los participantes frente a los prototipos

I.O.V: Implementación de nuevas funcionalidades y corrección de problemas identificados.

OT - Diseñar y programar pruebas experimentales que permitan visualizar la plataforma.

I.O.V: Serie de pruebas funcionales que permitan al usuario interactuar con la plataforma.

OP - Visualizar datos preformateados desde bases de datos científicas desde volúmenes tridimensionales interactivos.

I.O.V: Navegador web online que permita acceder a los usuarios y visualizar los datos.

OP - Implementar un servidor que sea capaz de concatenar datos, generar archivos .gltf, y visualizarlos en un navegador web de manera tridimensional, multivariable e inmersiva.

I.O.V: Repositorio en plataforma GitHub que tenga los módulos pertinentes para lograr la ejecución del software.

Objetivo General

Se propone desarrollar una plataforma en línea que permita a los usuarios explorar y analizar datos científicos a través de visualizaciones tridimensionales y multivariables. Esta plataforma proporcionará una experiencia interactiva y accesible para la navegación y el análisis de los datos, y también ofrecerá recursos adicionales que podrán ser utilizados como apoyo en publicaciones de investigaciones científicas.



8. Desarrollo del Proyecto

FRONTEND

BACKEND

Requisitos del Software

Requisitos Generales

Durante la fase de investigación de soluciones existentes, se analizaron diversas tecnologías y herramientas para determinar las opciones más adecuadas para el proyecto. Como ya se mencionó anteriormente, el proyecto reconoce la potencialidad de Blender. Uno de los desafíos identificados fue la limitación de los navegadores web para ejecutar código Python de forma nativa, lo que impedía utilizar la biblioteca Blender Python Api (bpy) directamente en la web. Para superar esta limitación, se llegó a la conclusión de que se requerían agentes adicionales, específicamente un **frontend** y un **backend**, para gestionar la ejecución de bpy y ofrecer una experiencia interactiva al usuario.

Para una mejor comprensión del proyecto, es crucial tener una breve referencia de los **cuatro frameworks** principales que lo componen, ya que se mencionan constantemente a lo largo de su desarrollo. A continuación, se presenta una explicación breve pero precisa de cada uno de ellos, lo cual contribuirá a una comprensión más profunda.

El frontend se refiere a la parte de la aplicación que interactúa directamente con el usuario. Es la interfaz a través de la cual el usuario puede visualizar y manipular los datos. En el caso de este proyecto, el frontend sería la interfaz web que permite al usuario interactuar con la visualización de datos 3D basada en bpy. Esto implica el desarrollo de componentes como la interfaz gráfica, los controles interactivos y la presentación visual de los datos.

React

React es una biblioteca de JavaScript utilizada para construir interfaces de usuario interactivas. Se centra en la creación de componentes reutilizables y actualiza eficientemente la interfaz de usuario cuando el estado de la aplicación cambia. Es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web modernas.

Three.js

Three.js es una biblioteca de JavaScript que permite crear y renderizar gráficos en 3D en el navegador web. Permite agregar objetos, aplicar materiales y texturas, animar objetos y trabajar con luces y sombras. Es una herramienta popular para desarrollar experiencias visuales 3D interactivas en la web.

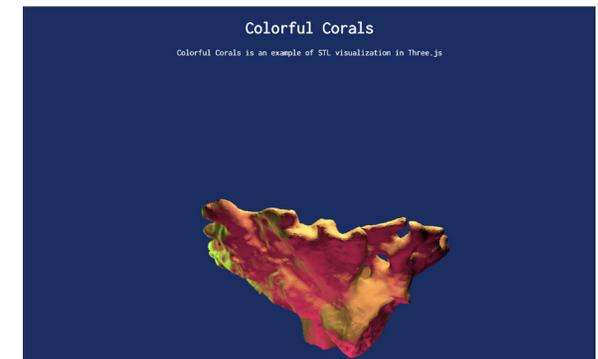
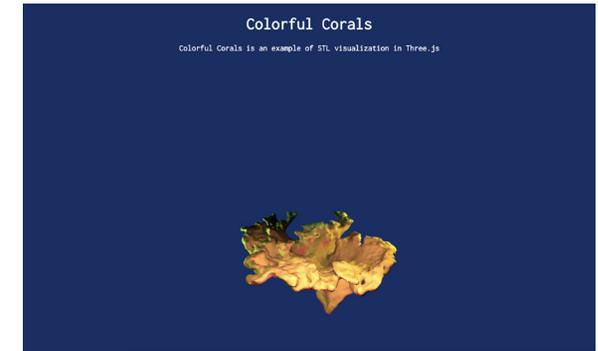
Por otro lado, el backend se encarga de gestionar y procesar los datos, así como de interactuar con la biblioteca bpy. Es la parte de la aplicación que se ejecuta en el servidor y se encarga de recibir las solicitudes del frontend, procesar los datos correspondientes y devolver los resultados al frontend para su visualización. El backend también se encarga de la lógica del negocio, la autenticación y la persistencia de datos.

Django

Django es un framework de desarrollo web de alto nivel y de código abierto escrito en Python. Proporciona una estructura organizada para construir aplicaciones web, incluyendo manejo de bases de datos, enrutamiento de URL y creación de Modelos.

Blender Python Api (bpy)

Blender es un software de creación de gráficos 3D de código abierto. Aunque no es un framework en sí mismo, se menciona porque se utiliza junto con la API de Python (bpy) para manipular y controlar Blender programáticamente. bpy permite automatizar tareas, crear complementos personalizados y extender las capacidades de Blender.



(Fig 37)

Requisitos Frontend

Para solventar la incompatibilidad de bpy con la Web, se optó por exportar el modelo 3D, lo que posibilita su carga y visualización en tiempo real mediante el empleo de un renderizador adecuado.

Para mostrar esto en un navegador web, se evaluó, el renderizador Three.js, el cual fue sometido a un ejercicio de prueba de viabilidad.

Es por esto, que se desarrolla la plataforma Colorful Corals con el objetivo de comprobar, investigar y aprender sobre la inserción de modelos 3D en la web, así como su iluminación, escala y renderizado.

La (Fig 37) representa un modelo tridimensional de la base de una especie de alga parda llamada *Macrocystis pyrifera*. Este modelo fue creado mediante fotogrametría por el profesor Alejandro Durán.

Durante la evaluación de opciones para el desarrollo del frontend de la plataforma, se consideraron distintas tecnologías como Angular, Vue y React. Para esta plataforma se utiliza Vue. Sin embargo, se decidió utilizar React como framework principal.

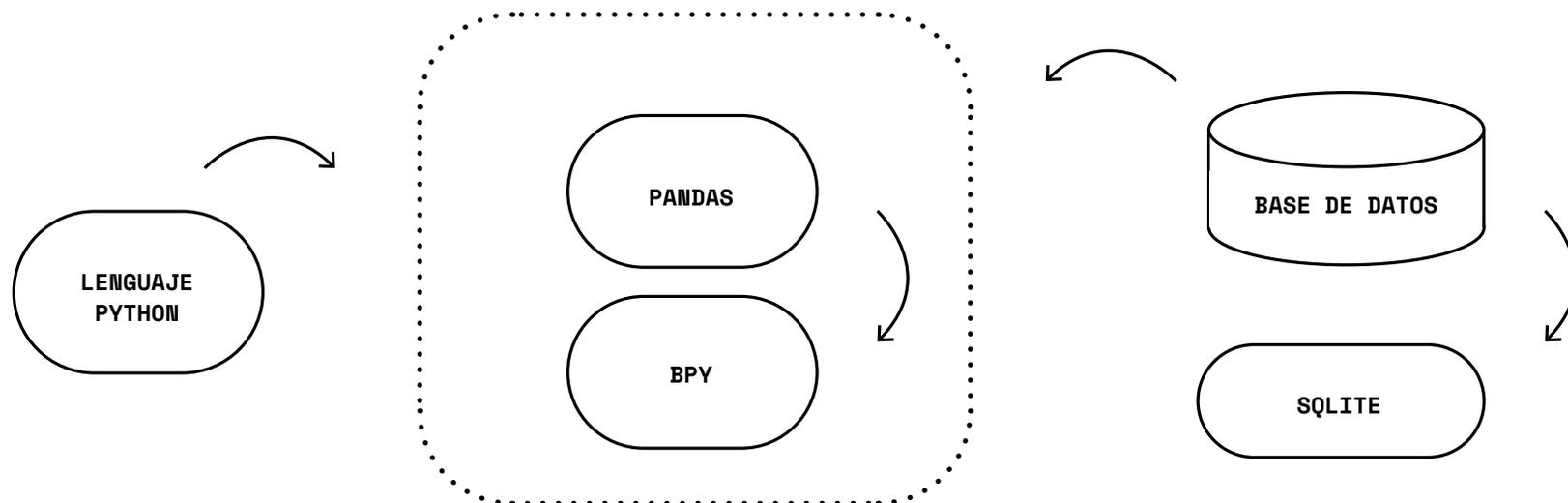
Elección de React

La elección de React por sobre Vue se basó en su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Al integrarse con Three.js, se logra una experiencia de usuario fluida que permite la interacción dinámica con los

gráficos y los datos. Esto resulta especialmente beneficioso para crear una experiencia inmersiva y altamente interactiva en la visualización de los gráficos tridimensionales.

Las imágenes utilizadas en las Figuras color 1, color 2 y color 3 fueron obtenidas de Internet, específicamente de la plataforma de elaboración propia recién mencionada. Para interactuar con el modelo 3d, visualizar estas imágenes y explorar más sobre el proyecto, puedes acceder a través de este enlace: https://elisahonorato.github.io/three.js_experimentacion/.

Los resultados obtenidos con este prototipo fueron positivos, ya que se logró la inserción exitosa de un modelo 3D propio, en formato glTF, sin perder las propiedades morfológicas del objeto. Esto demuestra la viabilidad de integrar modelos 3D personalizados en una interfaz.



(Fig38)

Requisitos Backend

Para desarrollar un software completo, no basta con tener conocimientos en los lenguajes de programación utilizados, como Python. También es crucial contar con un backend que sea capaz de ejecutar código en ese lenguaje. El backend actúa como un servidor que procesa las solicitudes y respuestas del cliente, permitiendo la ejecución de operaciones y lógica en Python, junto con otros frameworks que puedan ser necesarios.

La presencia de este backend es esencial para que el software funcione correctamente. Permite la interacción entre el cliente y el servidor, procesando y respondiendo a las peticiones realizadas desde el frontend. De esta manera, se establece una comunicación bidireccional que permite realizar tareas como el procesamiento de datos, la gestión de bases de datos y la implementación de la lógica de negocio.

Se realizó una investigación exhaustiva con el fin de encontrar soluciones adecuadas para abordar los desafíos identificados en el proyecto. Durante este proceso, se descubrió Poetry, una herramienta de administración de paquetes y entorno virtual que simplifica la gestión de dependencias en Python. En cuanto a los principales frameworks y bibliotecas utilizados, se tomaron las siguientes decisiones:

Elección de Django

La elección de Django como framework backend proporcionó una base sólida para el desarrollo de aplicaciones web. Su estructura organizada y sus herramientas integradas facilitaron la implementación de la lógica del negocio y permitieron una gestión eficiente de las solicitudes y respuestas del cliente.

Selección de Python

Al utilizar Python como lenguaje de programación principal, se obtuvo una integración fluida y coherente en todo el software. Python, con su amplia biblioteca estándar y su comunidad activa, ofreció un conjunto de herramientas versátiles y confiables para el proyecto.

Integración de bpy

La integración de bpy, la API de Python para Blender, permitió manipular y crear modelos 3D de forma programática, asegurando una experiencia de usuario fluida y una integración perfecta entre el software y los modelos tridimensionales.

Incorporación de Pandas

A medida que avanzaba el desarrollo, se reconoció la necesidad de leer y procesar conjuntos de datos tabulares en

formato CSV. Para esto, se incorporó Pandas, una biblioteca de Python que ofrece las capacidades necesarias para manejar eficientemente la carga, manipulación y análisis de datos tabulares, permitiendo trabajar con los datos científicos requeridos.

SQLite

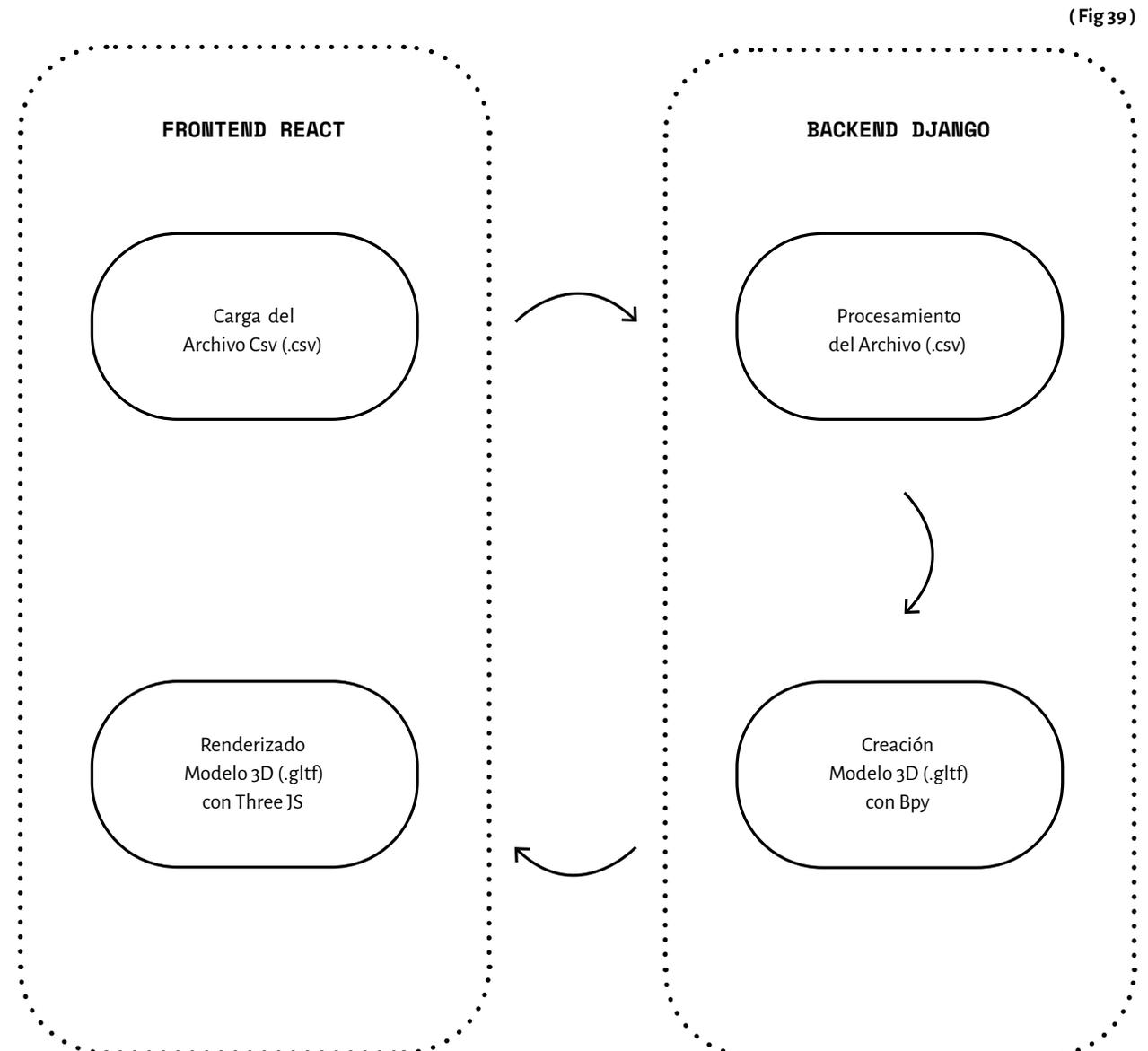
SQLite es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto, ligero y sin servidor. No se requiere configuración adicional para utilizar SQLite como base de datos principal en Django. La integración permite aprovechar el ORM de Django y realizar operaciones de base de datos de manera eficiente. SQLite es compatible con las migraciones de esquemas en Django, facilitando la administración de cambios en la estructura de la base de datos.

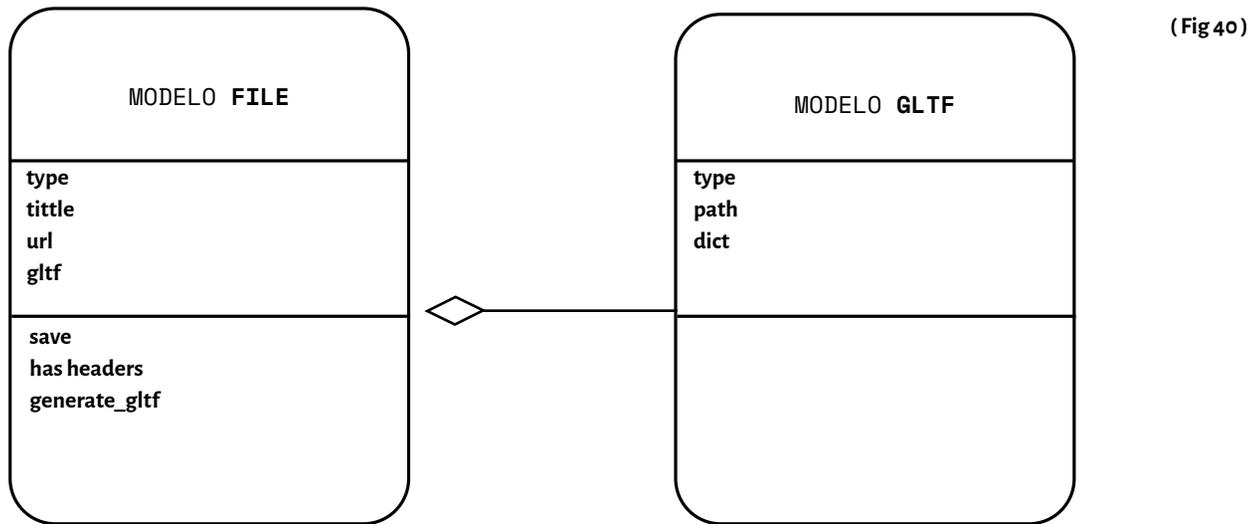
Estas elecciones y adiciones estratégicas de frameworks y bibliotecas permitieron enfrentar los desafíos específicos del proyecto y garantizar un desarrollo eficiente y exitoso.

Arquitectura del Software

Visión General

Una vez seleccionadas las tecnologías y herramientas adecuadas, se procedió a diseñar la arquitectura de la plataforma, la cual comienza con un componente en React que permite la carga de un archivo en formato .csv, el cual es enviado al backend en formato .json para su procesamiento. El backend, a su vez, utiliza la API de Python de Blender para crear un modelo en formato .gltf, junto con un archivo de ruta que especifica la ubicación del modelo en la escena 3D. El frontend, que utiliza Three.js para la visualización y manipulación de objetos en 3D, recibe estos archivos en formato .json y los carga en la escena. De esta manera, se puede interactuar con el modelo generado a través de la plataforma web, lo que permite una experiencia de usuario inmersiva y altamente interactiva.





En el contexto del desarrollo de software, los modelos son estructuras fundamentales que nos permiten representar y organizar los datos de una aplicación de manera coherente y estructurada. Utilizamos modelos para definir cómo se deben almacenar, recuperar y manipular los datos en una base de datos o en la memoria del programa.

En el caso del proyecto, los modelos **"File"** y **"GLTFFile"** son esenciales para representar y gestionar la información relacionada con los archivos CSV y GLTF, respectivamente. La clase **"File"** se encarga de definir la estructura y propiedades de los archivos CSV, como el tipo de archivo, el título y la ubicación. Por otro lado, la clase **"GLTFFile"** representa los archivos GLTF generados a partir de los datos de los archivos CSV. Al definir estos modelos, se facilita el manejo y la organización de los datos en el proyecto.

La relación entre estos dos modelos principales, es de agregación. La agregación es una forma de composición

que establece una relación de todo-parte entre las clases involucradas. En este caso, **"File"** actúa como el "todo" que contiene un objeto **"GLTFFile"** como parte, lo que facilita la organización y la gestión de los archivos generados a partir de los archivos CSV.

La clase **"File"** representa archivos CSV y contiene atributos como **"type"**, que indica el tipo de archivo como **"csv"**, **"title"**, que almacena el título del archivo CSV, y **url**, que representa la ubicación del archivo CSV en el sistema de archivos.

La función **"save"** se encarga de guardar el objeto **"GLTFFile"** y establece los campos **"dict"** y **"path"** en **"None"**. El método **has_headers** verifica si el archivo CSV contiene encabezados. Por otro lado, la función **"generate_gltf"** se utiliza para generar un archivo GLTF a partir de los datos CSV proporcionados. Utiliza las bibliotecas **pandas** para leer y manipular los datos CSV, y **bpy** (Blender Python) para generar la representación 3D en Blender.

En resumen, el código proporcionado incluye el modelo de datos **File** para representar archivos en el sistema, así como el modelo **GLTFFile** para representar archivos GLTF específicamente. La generación de archivos GLTF se realiza utilizando bibliotecas como **pandas** y **bpy**, y los objetos **File** y **GLTFFile** se utilizan para gestionar los archivos y almacenar información relacionada con ellos.

La generación del archivo GLTF implica la creación de objetos 3D en Blender, como esferas y modelos volumétricos, utilizando los datos CSV para determinar sus propiedades y ubicación. El archivo GLTF generado se guarda en una ruta utilizando la función **"bpy.ops.export_scene.gltf"** del paquete **bpy**. También se realiza una verificación del tamaño del archivo antes de realizar cualquier acción adicional.

Si el archivo cumple con las características requeridas, se almacena información relacionada con el volumen relativo, el volumen total y la ruta del archivo GLTF generado en el diccionario **"dict"** del modelo **"GLTFFile"**.

Por otro lado, la clase **GLTFFile** representa un modelo de datos para archivos GLTF, que se crea mediante el método **"generate_gltf"**, del modelo **File**.

Api y Servicios

En el contexto de desarrollo de software y APIs, un endpoint es una URL específica a la que se puede acceder mediante una solicitud HTTP para realizar una acción o obtener información del servidor. Cada endpoint está diseñado para manejar tareas o consultas específicas y es identificado por su URL única. Los endpoints son esenciales para definir la funcionalidad y el acceso a los recursos dentro de una API, permitiendo a los clientes interactuar con el sistema y realizar diversas operaciones, como obtener datos, enviar información o modificar recursos.

La API proporciona cuatro endpoints para interactuar con los archivos y generar archivos GLTF:

GET /files: Obtiene una lista de archivos CSV disponibles en el sistema.

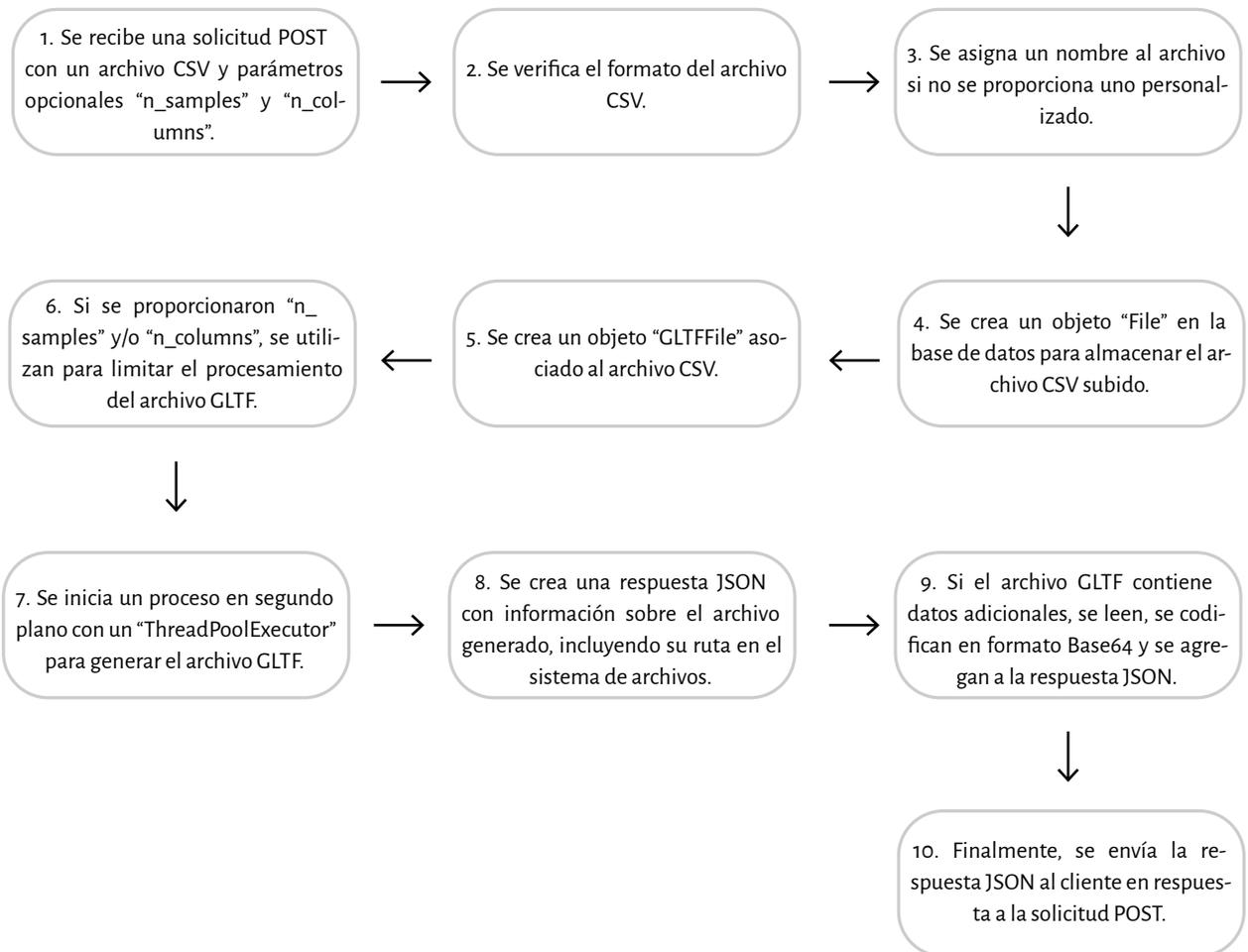
POST /files: Permite cargar un nuevo archivo CSV en el servidor.

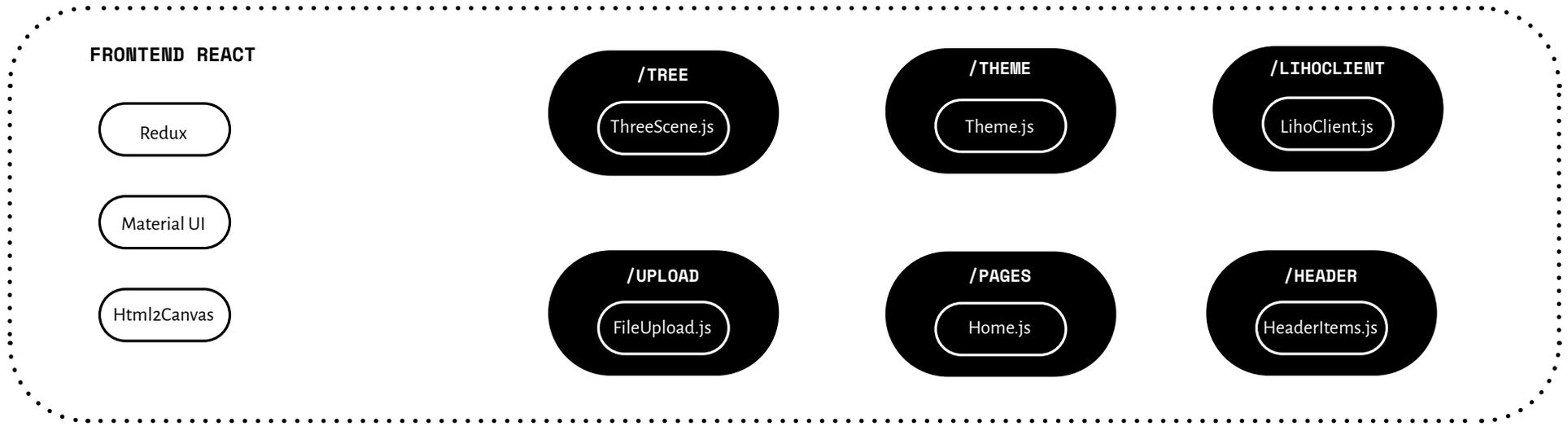
GET /files/{file_id}/gltf: Genera y obtiene el archivo GLTF asociado a un archivo CSV específico identificado por su {file_id}.

DELETE /files/{file_id}: Elimina un archivo CSV y todos sus archivos GLTF generados.

En la clase FilesSerializer, se definen los campos del modelo "File" utilizados para la serialización y deserialización de datos, como "id", "csv_url" (representando el archivo CSV), y "gltf_url" (representando el archivo GLTF).

La vista de la API "PruebaView" maneja las solicitudes POST para subir archivos CSV y generar archivos GLTF. Los pasos principales incluyen:





Desarrollo de Software

Desarrollo del Frontend

El frontend de la aplicación se desarrolla principalmente utilizando React como framework principal. Se aprovecha la modularidad y la reutilización de componentes que proporciona React para construir la interfaz de usuario.

Para gestionar el estado global de la aplicación y facilitar la gestión de datos compartidos entre componentes, se utiliza Redux. Esta biblioteca de manejo de estado garantiza un flujo de datos coherente y centralizado.

En términos de apariencia y estilos, se utiliza Material-UI, un conjunto de componentes y estilos basados en Material Design. Material-UI proporciona una biblioteca de componen-

tes predefinidos que ayudan a crear una interfaz atractiva y coherente en toda la aplicación.

Para capturar las imágenes del gráfico 3D generado, se emplea la biblioteca JavaScript HTML2Canvas. Esta biblioteca permite capturar una representación en forma de imagen de elementos HTML, y así genera imágenes.

La carpeta “components/” contiene componentes reutilizables que se utilizan en diferentes partes de la aplicación. La carpeta “three/” contiene el componente ThreeScene, que representa la escena 3D generada a partir de los datos GLTF. La carpeta “Upload/” incluye el componente FileUpload, que permite a los usuarios subir archivos CSV. La carpeta “Theme/” contiene archivos relacionados con el tema y la apariencia de la aplicación, como estilos personalizados. Y la carpeta “pages/” alberga las páginas principales de la aplicación, siendo “Home.js” el componente principal de la página de inicio que integra todos los componentes necesarios. Además hay una carpe-

ta que maneja el cliente llamada LihoClient, y una carpeta Header, que inserta las rutas de manera dinámica. En la figura se pueden ver los módulos principales.

Durante el desarrollo, se siguen buenas prácticas para garantizar un código limpio y mantenible. Se utilizan hooks como useState y useRef para manejar el estado y las referencias de manera eficiente. Además, se emplea el patrón de renderizado condicional para mostrar u ocultar componentes y secciones según la disponibilidad de datos. Para aplicar estilos y temas personalizados, se utiliza el componente ThemeProvider de Material-UI. La estructura de cuadrícula responsiva se logra mediante el uso del componente Grid de Material-UI. El componente Paper de Material-UI se utiliza para envolver secciones específicas de la interfaz y darles una apariencia visual coherente. Se utiliza el componente Button de Material-UI para crear botones con eventos de captura y descarga de imágenes generadas. Todo el desarrollo se realiza siguiendo el enfoque de componentes funcionales en React.

Visualización 3D con Blender

La función `generate_gltf` es el núcleo del código y se encarga de generar un archivo GLTF a partir de los datos de un archivo CSV utilizando la biblioteca Blender. A continuación, se describe el funcionamiento de esta función:

La función comienza importando los módulos necesarios, incluyendo `bpy` y `logging`, y define el contexto de Blender y el objeto activo.

A continuación, se verifica si hay un objeto activo en Blender. Si hay uno, se selecciona y se eliminan todos los objetos en la escena para empezar con una escena limpia.

Luego, se establece un valor para la variable `volume`, que representa el tamaño de las esferas que se crearán.

La función inicializa un diccionario vacío para almacenar información sobre las muestras y variables encontradas en el archivo CSV.

Si se detectan encabezados en el archivo CSV, se establece una variable correspondiente; de lo contrario, se deja como `None`.

Se utiliza la biblioteca `pandas` para leer el archivo CSV y cargar los datos en un `DataFrame`. Se obtienen los nombres de las columnas y se limita el número de columnas según sea necesario.

A continuación, se establece un rango de valores para las posiciones de las esferas, utilizando la variable `volume` para determinar los límites.

La función itera sobre las filas del `DataFrame` y crea una

esfera principal para cada muestra. Se agrega el nombre de la muestra al diccionario de muestras y se crean esferas secundarias para cada columna adicional en la fila, representando las variables correspondientes. Se asigna un tamaño a cada esfera según el valor de la variable en la fila y se establecen las posiciones relativas.

Se crea una esfera adicional que representa el volumen total de los datos.

Después de generar todas las esferas y establecer sus relaciones jerárquicas, se guarda la visualización en un archivo GLTF. Durante este proceso, se redirige la salida de la consola de Blender para registrar cualquier error o mensaje de salida.

Una vez que se ha guardado el archivo GLTF, se verifica su tamaño. Si es demasiado grande, se devuelve un mensaje de error indicando que el archivo es demasiado grande. De lo contrario, se almacena la información del archivo GLTF en el diccionario.

Finalmente, la función devuelve el diccionario que contiene información sobre el archivo GLTF generado, como la ruta de acceso y el nombre del archivo.

Además de la función `generate_gltf`, se mencionan otras funciones relevantes, como `has_headers`, que se utiliza para verificar si el archivo CSV tiene encabezados, y `round_number`, que se utiliza para redondear y truncar números.

Visualización de Datos en Navegador Web

El código proporcionado es un componente de React que utiliza la biblioteca `Three.js` para renderizar una escena 3D en un

navegador web. Aquí hay una explicación detallada y técnica del código:

El componente `ThreeScene` es una función que recibe los datos y utiliza los hooks de React, como `useState` y `useEffect`, para manejar el estado y los efectos del componente.

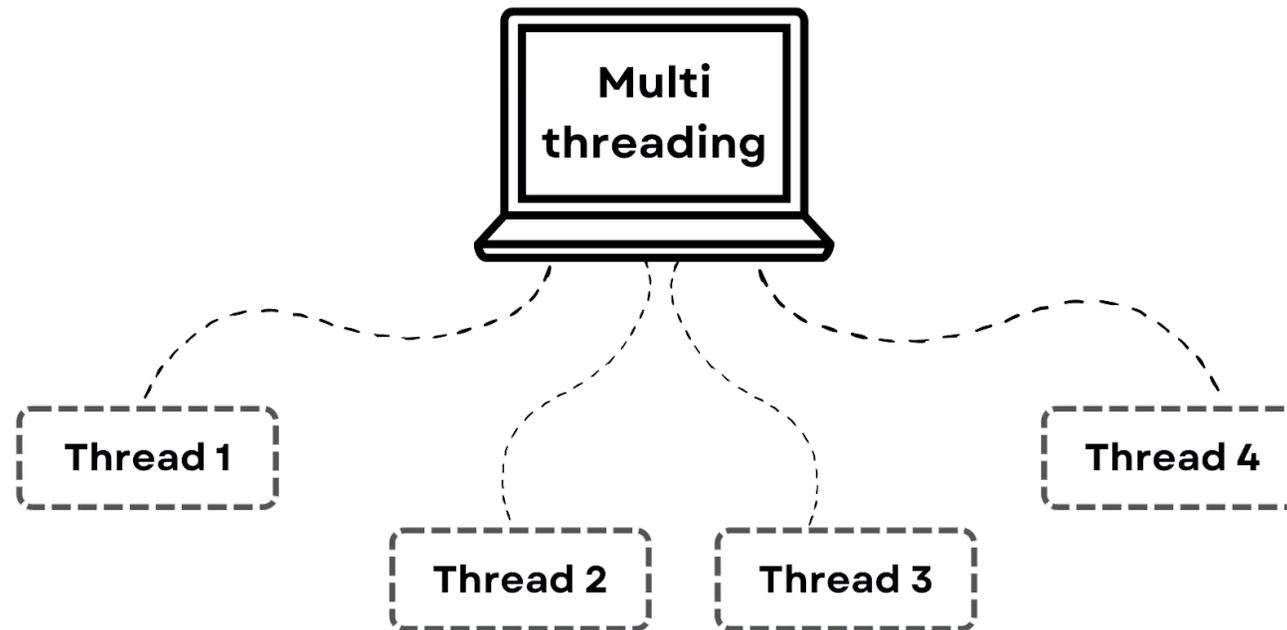
El componente define variables de estado utilizando el hook `useState` para `divRef` y `colorLegendData`. `divRef` se utiliza para almacenar una referencia al elemento DOM donde se renderizará la escena, mientras que `colorLegendData` se utiliza para almacenar los datos de la leyenda de colores.

Se define una función `refChangeHandler` que se ejecuta cuando cambia la referencia del elemento DOM. Si la referencia es nula, se sale de la función. Si la referencia no es nula, se guarda en el estado `divRef` utilizando la función `setDivRef`.

La función `createScene` es una función asíncrona que crea la escena 3D. Dentro de esta función, se configuran opciones de la escena, se crea un renderizador WebGL, se crean luces y se carga un modelo GLTF. También se definen varias funciones auxiliares para manipular la escena y crear la interfaz gráfica de usuario.

El hook `useEffect` se utiliza para llamar a la función `createScene` cuando cambian los datos de la API o la referencia del elemento DOM.

En el renderizado del componente, se muestra un componente `Box` de `Material-UI` con una sombra y un fondo de papel que contiene una leyenda de colores. También se renderiza un elemento `div` con un `id` de "canvas" que se utilizará como referencia para la escena `Three.js`.



(Fig 41)

Manejo de Threads

En el contexto de este proyecto de código abierto, es importante reconocer los posibles desafíos económicos asociados con la capacidad limitada de los servidores para almacenar y procesar datos. Muchas soluciones comerciales ofrecen opciones de pago o limitan el número de usuarios a través de un proceso de autenticación.

Para evitar estos riesgos económicos y permitir un acceso ilimitado a los clientes, se implementa el uso de threads de Python en este código. Un thread es una secuencia de instrucciones que puede ejecutarse de forma independiente y simultánea con otras secuencias de instrucciones dentro de un programa.

Al utilizar threads, se evita que el servidor colapse al procesar múltiples solicitudes de manera concurrente. Esto significa que, en lugar de manejar cada solicitud secuencialmente y esperar a que una solicitud se complete antes de pasar a la sigui-

ente, se pueden procesar varias solicitudes al mismo tiempo en hilos separados. Esto mejora la capacidad de respuesta del sistema y evita bloqueos.

El uso de threads permite que el servidor pueda seguir atendiendo otras solicitudes mientras se procesan las solicitudes actuales en segundo plano. Esto ayuda a optimizar los recursos del servidor y evitar costos negativos asociados con la expansión o sobrecarga del servidor.

En este caso, la clase PruebaView hereda de la clase APIView de Django y se utiliza para manejar las solicitudes POST recibidas en la vista. Al recibir una solicitud POST, se inicia un nuevo "thread" para procesar la solicitud de manera asíncrona y permitir que el servidor pueda seguir respondiendo a otras solicitudes mientras tanto.

El manejo de los "threads" se realiza utilizando la clase ThreadPoolExecutor del módulo concurrent.futures. Esta clase proporciona un conjunto de métodos para manejar ejecuciones concurrentes y paralelas de funciones o métodos

en hilos de ejecución separados.

En el método post, se crea un ThreadPoolExecutor y se envía la función self.process_request para su ejecución en un "thread" separado. Esta función toma como argumentos la solicitud recibida, el objeto gltf, el número de muestras y columnas deseadas, y el nombre de archivo proporcionado por el usuario.

La función process_request a su vez invoca el método generate_gltf del objeto gltf para generar el archivo GLTF en otro "thread" separado. Una vez que la generación del archivo GLTF se completa, el contenido del archivo se lee y se convierte en una cadena Base64.

Al finalizar la ejecución del "thread", se devuelve la respuesta, que incluye los datos generados y el contenido del archivo GLTF en formato Base64.



(Fig 42)

Aa



Design System

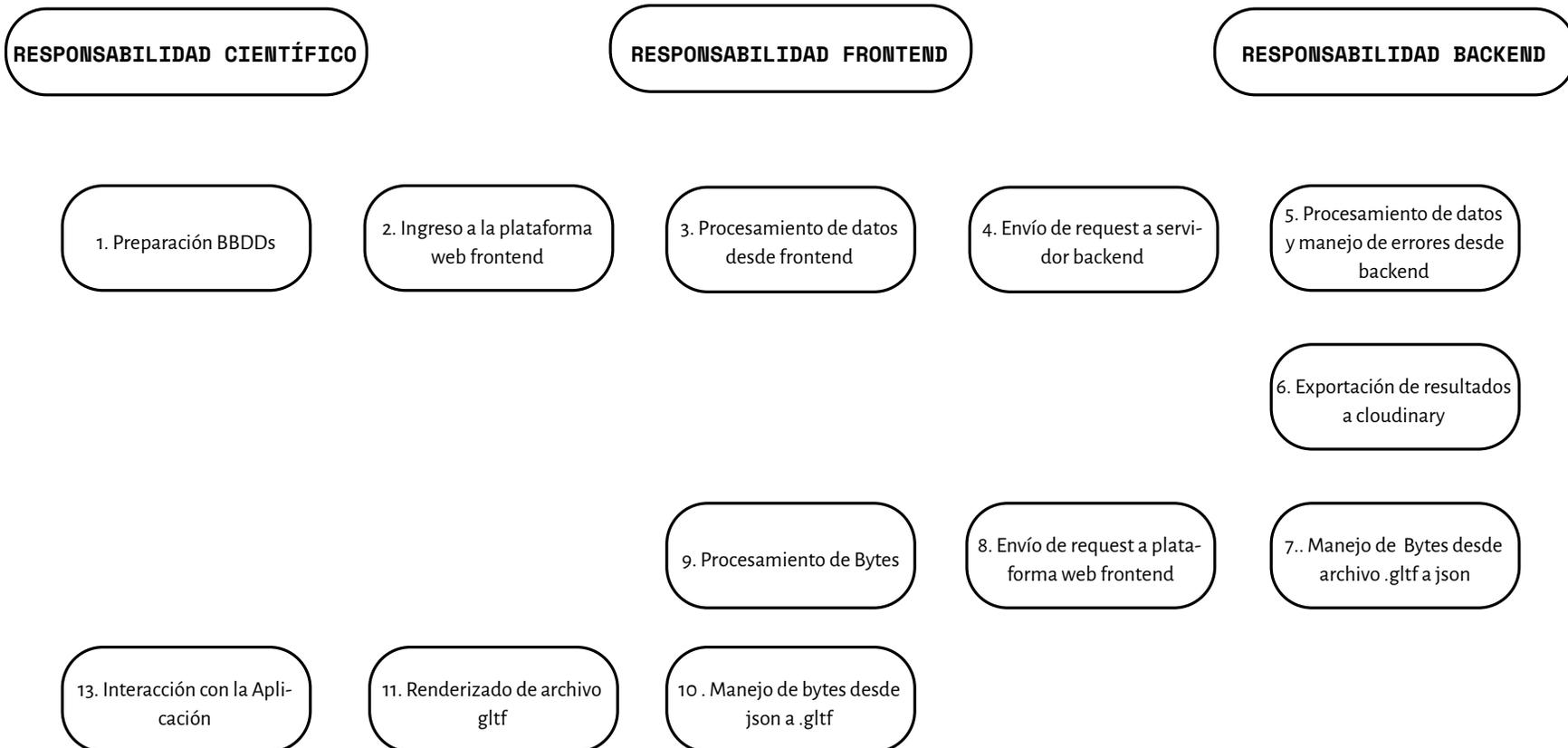
La aplicación presenta un diseño visual distintivo que utiliza una combinación de blanco y negro para los textos y colores vibrantes para las visualizaciones de datos (Fig 42). El blanco se utiliza como color principal para el fondo, lo que proporciona un lienzo limpio y resalta el contenido. El texto se presenta en negro, lo que asegura una alta legibilidad y un contraste nítido con el fondo blanco, y el gris se utiliza para agregar contornos. Esto proporciona una base sólida y neutral para el contenido informativo, mientras que los colores dinámicos en las visualizaciones agregan un aspecto visualmente atractivo y facilitan la interpretación de los datos.

En particular, se ha tenido en cuenta que el usuario suele desconfiar de aplicaciones con fondos extravagantes o interfaces excesivamente elaboradas. El enfoque principal del diseño de interfaz es la simplicidad. Busca proporcionar una interfaz intuitiva y sin distracciones innecesarias, lo que permite que el contenido y las visualizaciones de datos sean los elementos principales de atención, transmitiendo confianza y profesionalidad.

La aplicación utiliza el framework de Material-UI para construir su interfaz de usuario. Material-UI es una biblioteca de componentes de interfaz de usuario basada en el lenguaje de diseño de Google llamado Material Design. Esta elección de utilizar Material-UI en conjunto con el diseño distintivo de blanco y negro y colores vibrantes agrega coherencia visual y facilita la implementación de los elementos de la interfaz.

La tipografía utilizada es Space Mono, una familia de letra de ancho fijo (monospaced) diseñada por Colophon Foundry para Google Design. Además de ser gratuita, soporta un conjunto de glifos extendido para el latín, lo que permite la composición tipográfica en inglés y español. Su elección se debe a su apariencia moderna y futurista, así como a su diseño geométrico. Su ancho fijo facilita la legibilidad del código, mientras que sus características tipográficas avanzadas ofrecen flexibilidad en la presentación de información.

Flujo de Trabajo



Pruebas y Validación

Es imprescindible destacar que todas las pruebas presentadas a continuación, junto con sus correspondientes imágenes, se llevaron a cabo y verificaron directamente en el software para asegurar su correcta ejecución. Esta práctica resultó fundamental para garantizar el éxito de las pruebas y obtener resultados confiables. Como proyecto desarrollado por un único individuo, en colaboración directa con el usuario, se aplicó un enfoque ágil y eficiente basado en el modelo de prototipos, descrito por Fernández (2023) en su curso Ingeniería de Software.

El uso del modelo de prototipos fue especialmente relevante en este caso, ya que permitió iterar rápidamente sobre el diseño y las funcionalidades del software. Al trabajar de manera estrecha y colaborativa, se logró una comunicación efectiva que facilitó la comprensión de los requisitos.

Además, al desarrollar el software directamente en lugar de dedicar mucho tiempo a un diseño detallado, se ganó en flexibilidad y adaptabilidad, además de estar conciente de los límites de la tecnología. En lugar de seguir un enfoque lineal y rígido, se pudo responder de manera ágil a las necesidades y los cambios del usuario. Esto permitió ajustar el software rápidamente, agregar nuevas funcionalidades y realizar mejoras basadas en el feedback recibido.

El enfoque basado en el modelo de prototipos también permitió enfocarse en la experiencia del usuario y la usabilidad del software desde las primeras etapas del desarrollo. Al crear prototipos funcionales, se pudo evaluar la usabilidad del software y realizar ajustes para garantizar una interfaz intuitiva y satisfactoria para los usuarios finales.

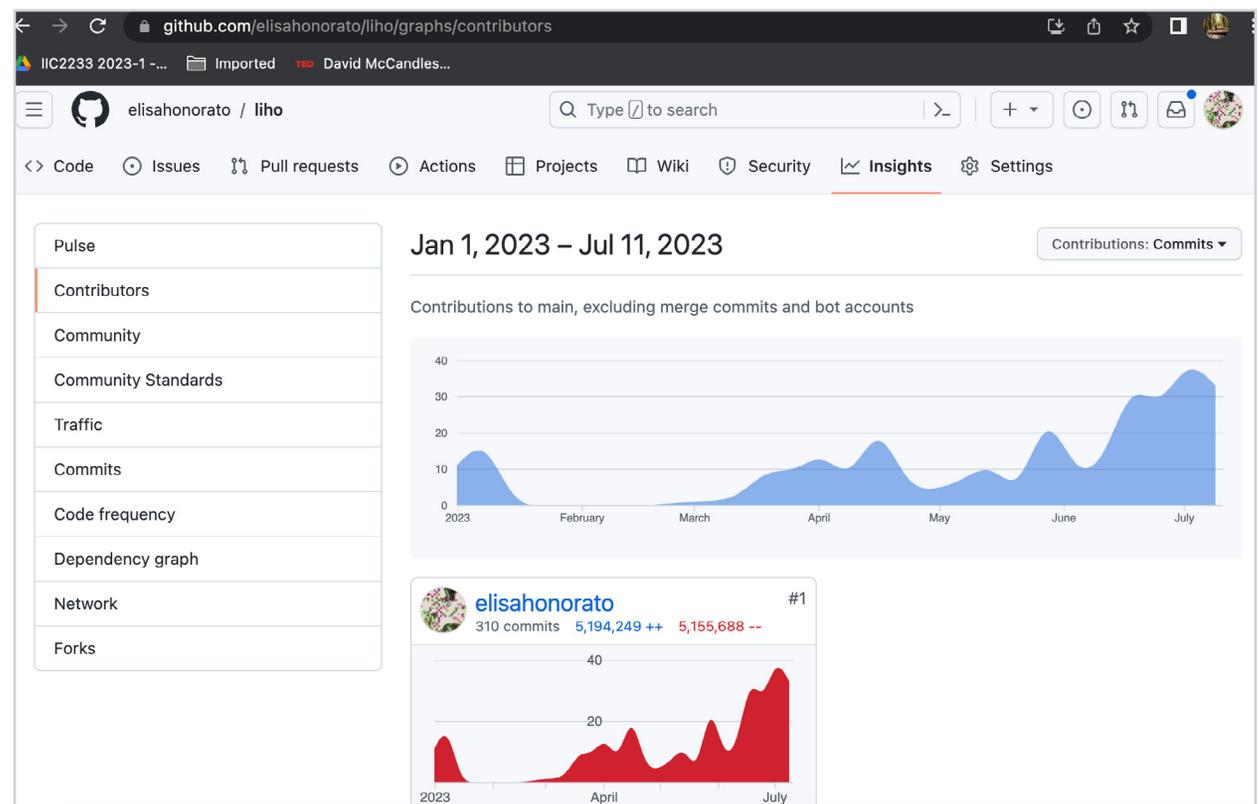
Esta metodología promueve la retroalimentación continua, al ser un proceso de tipo iterativo e incremental. Después de cada fase, se realiza una revisión para evaluar el progreso y ajustar el plan en función de los resultados obtenidos, según los requerimientos propuestos en ese prototipo.

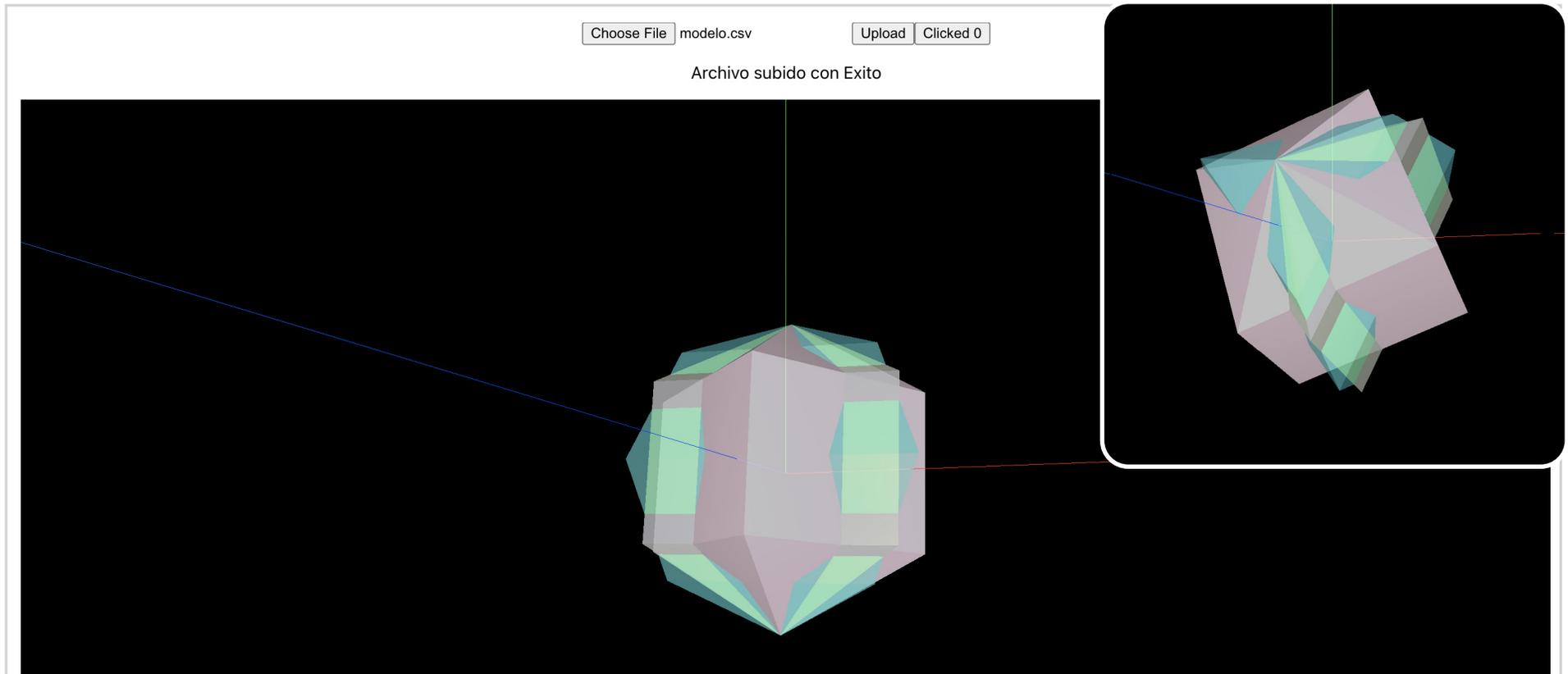
Todos los prototipos se encuentran disponibles en la plataforma GitHub, reconocida por su funcionalidad para subir y compartir código, así como para crear dominios personalizados.

En el caso particular del proyecto liderado por “elisahonorato”, se ha creado un dominio personalizado en GitHub Pages, accesible a través de elisahonorato.github.io/liho.

El análisis de la figura 43 refleja una contribución continua al proyecto a partir de 2023. Con más de 5,000,000 de contribuciones, se pone de manifiesto el desarrollo y mejoramiento del proyecto a lo largo del tiempo, mediante prototipos funcionales.

(Fig 43)





(Fig 44)

Prototipo 1.

Datos Utilizados: Cantidad de Clorofila en una muestra.

Objetivo: Creación de una plataforma de visualización de datos con un nivel gráfico equiparable al prototipo 0.

Requerimientos:

1. La plataforma debe permitir a los usuarios interactuar con los datos en tiempo real, para que puedan ajustar la perspectiva, el zoom y la rotación, y obtener información detallada.
2. La plataforma debe contar con la capacidad de concatenar datos y exportarlos en formato .gltf.

La integración de bpy y Three.js puede ser una solución efectiva para aprovechar las fortalezas de ambas bibliotecas creando visualizaciones detalladas y complejas mientras se mantiene una experiencia de usuario interactiva y en tiempo

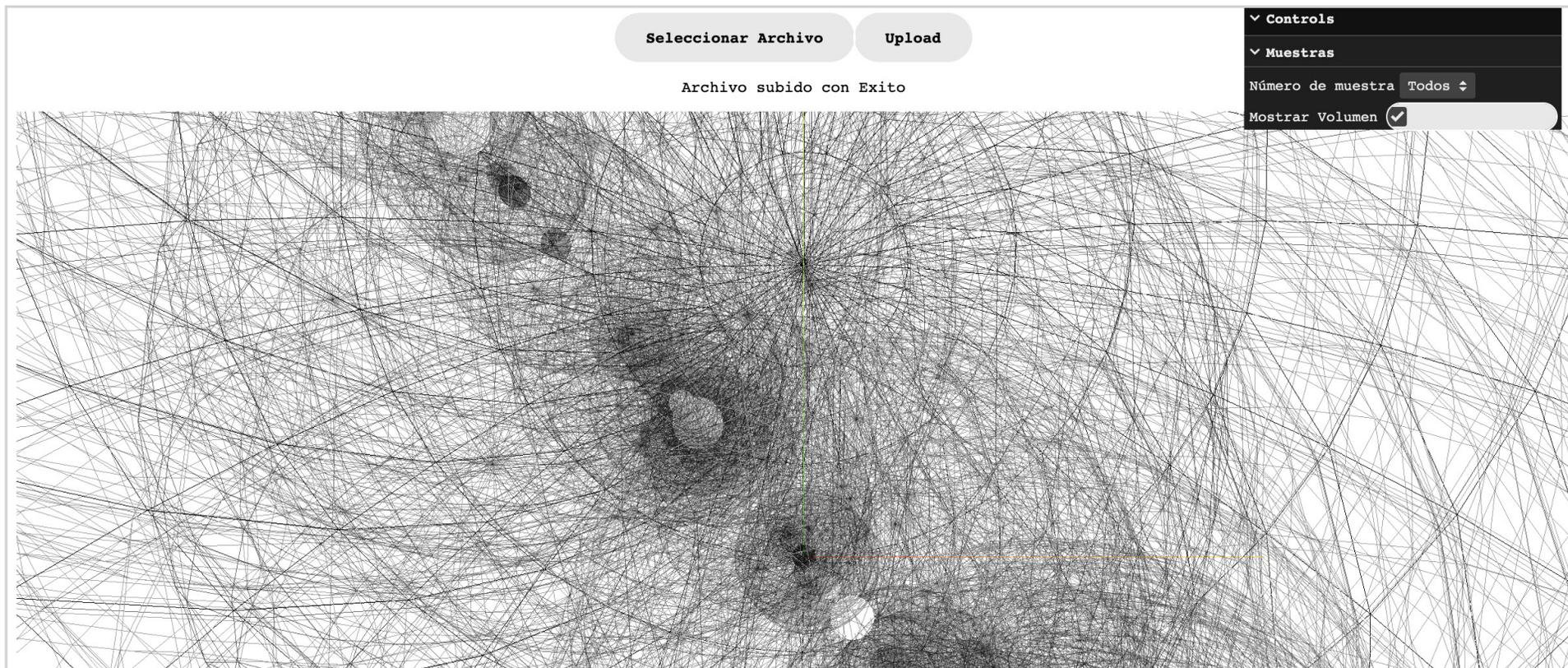
real. De esta manera, se desarrolla el prototipo inicial de la plataforma (Fig 44) que integra las dos librerías mencionadas. El prototipo consta de una interfaz de entrada donde el frontend recibe los datos mediante un archivo .csv, el cual luego se envía al servidor backend. El backend se encarga de concatenar los datos del archivo csv y generar un archivo glb, el cual es devuelto a la plataforma.

Todos los requerimientos establecidos se han cumplido exitosamente. Se puede verificar en las figuras que es posible realizar la manipulación del objeto generado. La plataforma ha logrado integrar de manera eficiente las librerías necesarias, permitiendo la concatenación de datos y la generación de archivos .gltf. Los usuarios tienen la capacidad de interactuar con el objeto resultante, aplicando transformaciones y visualizando los cambios en tiempo real.

Testeo:

El testeo resultó ser positivo para el avance del proyecto, ya que se comprueba la factibilidad de las herramientas utilizadas y también un primer testeo. Este consistió en mostrar la plataforma a distintos usuarios con el objetivo de validar solamente la usabilidad, ya que para un avance en otros aspectos, se requería de conocimiento técnico y feedback especializado en el usuario.

Una gran parte de los participantes mostró interés por el aspecto visual del prototipo, pero, como era de esperar, no mostraba un mejor entendimiento de los datos. Este prototipo cumplió con los requerimientos, y ayudó a la creación del siguiente prototipo.



(Fig 45)

Prototipo 2

Datos Utilizados: Cantidad de Clorofila en una muestra.

Objetivo: Mejorar el aspecto epistemológico de la plataforma en comparación con el prototipo inicial. Se busca una mejor comprensión de los datos.

Requerimientos:

1. La plataforma debe poder mostrar características que no se encuentren explícitamente en los datos, pero que permitan aprender sobre ellos.
2. La plataforma debe contar con una funcionalidad de filtrado y agrupación de datos para facilitar la exploración y el análisis.
3. Los usuarios deben poder interactuar con los datos y las visualizaciones de manera efectiva, permitiendo explorar y descubrir.
4. La plataforma debe representar los datos con características morfológicas que optimicen el entendimiento de los datos.

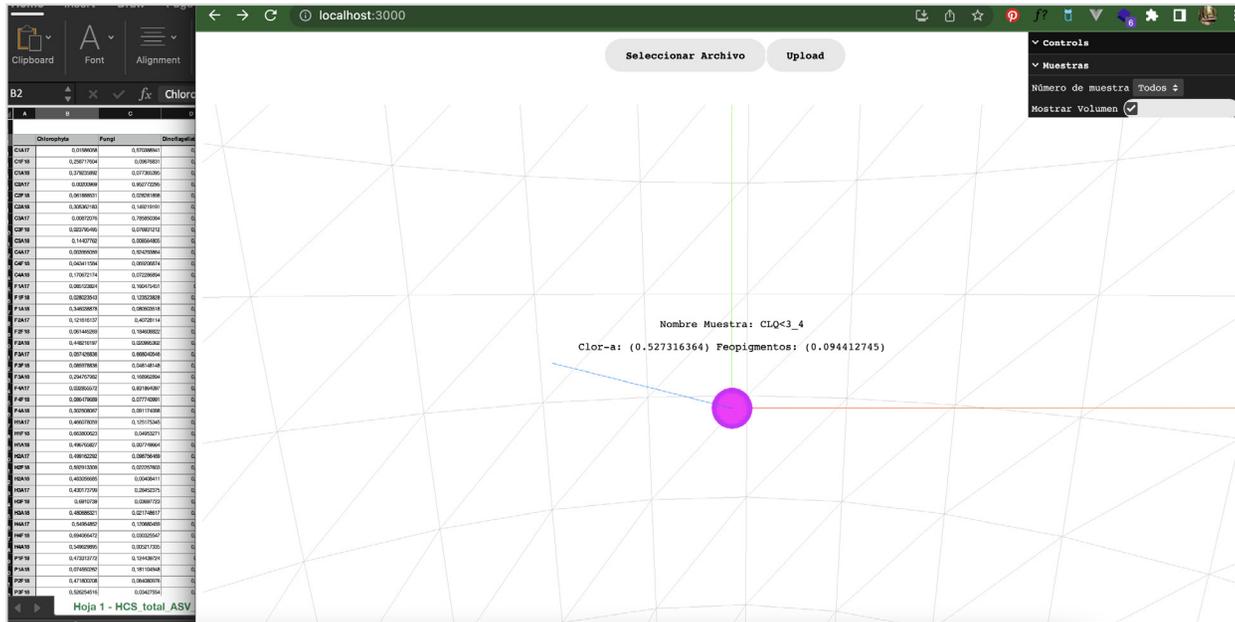
Para la elaboración de este prototipo, se utilizó el mismo csv que en la primera iteración. Se implementa una interfaz de usuario gráfica (GUI) que ofrece funcionalidades adicionales para mejorar el entendimiento de los datos. La GUI permite filtrar los datos según el número de muestra, lo que facilita el análisis y la visualización de conjuntos específicos de datos. Además, la interfaz proporciona una opción para visualizar todos los datos en conjunto, lo que permite obtener una visión general de la totalidad de los datos y su distribución. Esto es especialmente útil para identificar patrones o tendencias generales en los datos.

En este prototipo (Fig 45) se ha utilizado una textura ligeramente transparente siguiendo el principio del cierre de la Gestalt. Esto permite visualizar todas las muestras en conjunto de manera clara y coherente, facilitando la comprensión global de los datos, sin obstruir las muestras.

Testeo:

El proceso de prueba fue exitoso y se obtuvieron resultados positivos con respecto a la GUI implementada. Sin embargo, se reconocieron áreas que requieren mejoras adicionales. A pesar de que los datos revelaban información en 3D, se determinó la necesidad de mejorar la representación gráfica de los resultados para lograr una visualización más efectiva y comprensible.

Para el próximo prototipo, se propone explorar diferentes enfoques y técnicas de visualización con el objetivo de encontrar la mejor manera de representar los datos en 3D. Se prestará atención a la presentación de información que sea fácil de entender y que proporcione una representación más intuitiva y accesible para los usuarios.



(Fig 46)

Prototipo 3.

Datos Utilizados: Cantidad de Clorofila en una muestra.

El prototipo 3 tiene como objetivo principal mejorar la representación gráfica de los datos, manteniendo los mismos objetivos y datos del prototipo anterior. Se presta especial atención a aspectos clave como la selección de colores apropiados, la manipulación de la escala para resaltar detalles relevantes y la inclusión de etiquetas o anotaciones para destacar aspectos significativos de los datos.

En el prototipo, se ha trabajado con datos de clorofila a y feopigmentos presentes en cada espécimen. Estos dos pigmentos son comunes en organismos fotosintéticos como plantas y algas. Para representar estos datos, se ha utilizado un mapa de color en forma de gradiente, asignando tonos azules para la clorofila a y tonos rojos para los feopigmentos.

Al posicionar el cursor sobre una muestra específica, se muestran los datos correspondientes como el nombre del espécimen,

la cantidad de clorofila a y la cantidad de feopigmentos. Esta visualización detallada permite a los usuarios obtener información precisa sobre cada muestra individual (Fig 39).

La elección de un mapa de color en forma de gradiente facilita la comparación y análisis de los niveles de clorofila a y feopigmentos entre las muestras. Los tonos de color proporcionan una representación visual intuitiva, lo que permite identificar rápidamente las variaciones en los niveles de los pigmentos.

En el frontend, se utiliza una estructura de datos de diccionario para identificar y organizar los datos (Fig 47). En esta estructura, los nombres de las muestras actúan como claves en el diccionario principal. Cada clave está asociada a otro diccionario que contiene las llaves “feopigmento” y “clorofila a”, y sus respectivas cantidades se almacenan como valores.

Esta organización permite un acceso eficiente a los datos desde el frontend. Al tener el nombre de una muestra como

clave, es posible acceder rápidamente al diccionario asociado que contiene las cantidades de feopigmento y clorofila a para esa muestra en particular.

Esta estructura de diccionario facilita la manipulación y visualización de los datos en el frontend. Por ejemplo, se pueden realizar operaciones como filtrar muestras basadas en ciertos criterios o mostrar las cantidades de feopigmento y clorofila a de forma individual o en conjunto.

```
ejemplo = {
  'path': bytes,
  'model': {
    'samples': [
      {
        'name': 'Muestra 1',
        'colors': [0.2, 0.5],
        # Valores de feopig
        # mentos y clorofila a
        # respectivamente
        'variables': ['Variable 1',
          'Variable 2']
      },
      {
        'name': 'Muestra 2',
        'colors': [0.1, 0.3],
        'variables': ['Variable 1',
          'Variable 2']
      },
      ...
    ],
    'vol': 10.5 # Valor del
                # volumen total
  }
}
```

(Fig 47)

Testeo:

Luego de testear, el usuario sugiere complejizar los datos que se reflejan en la plataforma, con el objetivo de potenciar su valor. Es por esto, que propone modificar el ejemplo utilizado, que consiste en la cantidad de clorofila en una muestra, al volumen de seres vivos en especímenes de agua.

Seleccionar Archivo

Upload

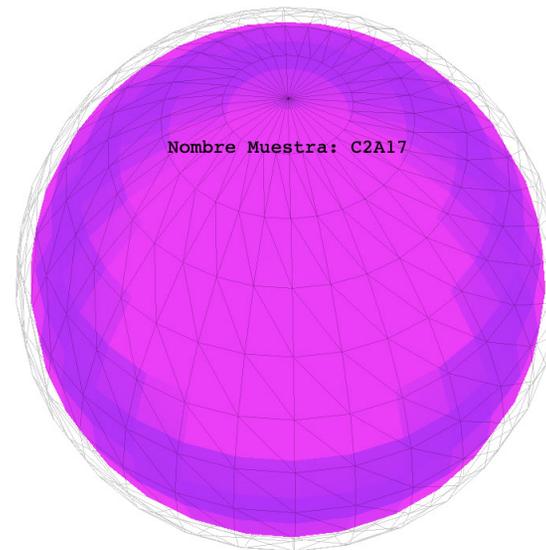
Archivo subido con Exito

▼ Controls

▼ Muestras

Número de muestra C2A17 ▾

Mostrar Volumen

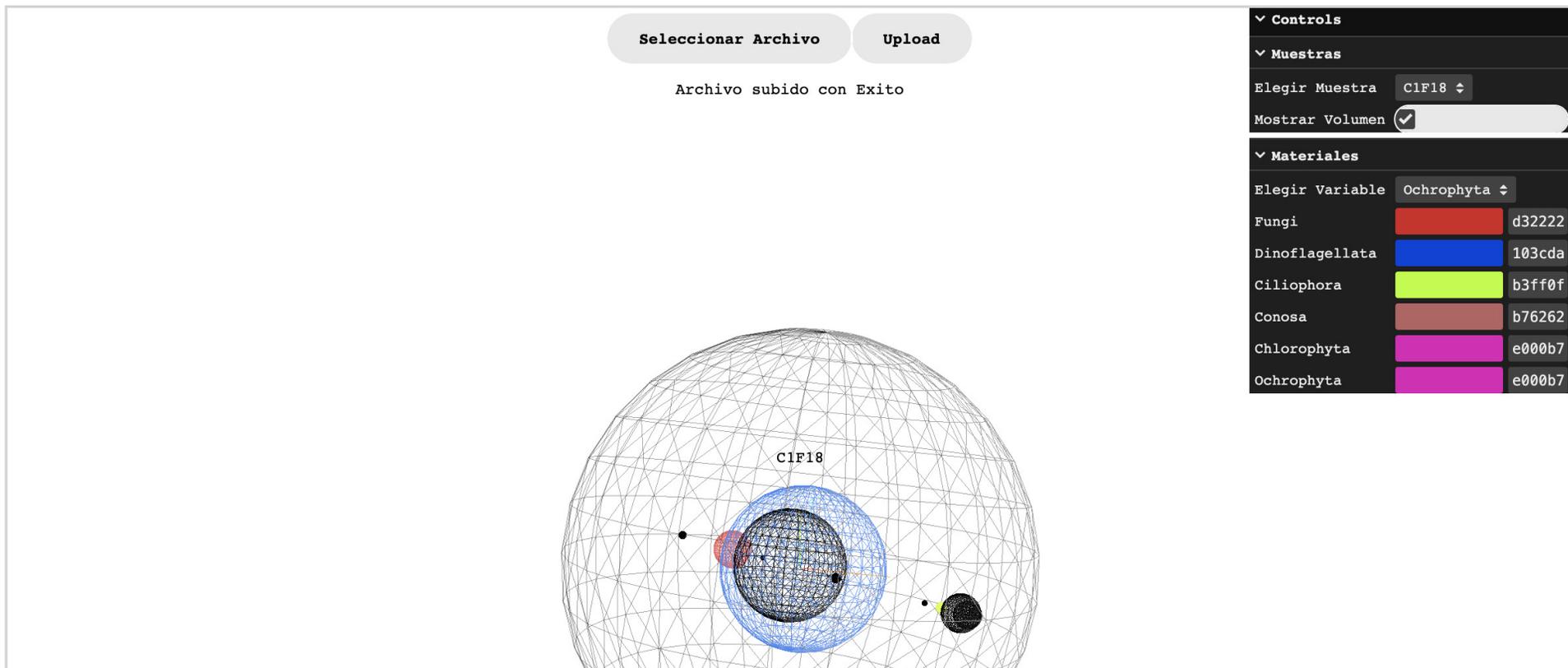


(Fig 48)

La figura representa la muestra denominada C2A17. Al observarla, se puede notar una alta concentración de tonos azules, indicando la presencia predominante de clorofila a en la muestra. Sin embargo, también se aprecia la presencia de feopigmentos, representados por tonos morados en la gráfica. Esta combinación de colores intensos evidencia una mezcla significativa de ambos pigmentos en la muestra (**Fig 48**).

La muestra C2A17 exhibe un volumen total notable en comparación con su tamaño relativo, representado mediante un material transparente que envuelve la muestra. Esta característica sugiere una concentración significativa de clorofila en dicha muestra. Es relevante resaltar que el prototipo actual se enfoca principalmente en el análisis individual de cada muestra, lo cual

funciona de manera efectiva. No obstante, su capacidad para representar y comparar todas las muestras en conjunto es limitada. Por lo tanto, para el próximo prototipo, se llevará a cabo una exploración exhaustiva de diferentes enfoques con el objetivo de presentar todas las muestras como un conjunto cohesivo.



(Fig 49)

Prototipo 4

Datos Utilizados: Cantidad de Seres Vivos en el agua.

El usuario proporciona un archivo .csv extenso que contiene alrededor de cuarenta variables representando seres vivos en el agua, junto con sesenta muestras. Este escenario implica un desafío grande en la eficiencia del procesamiento de datos, y también en su visualización.

Requerimientos:

1. La plataforma debe ser capaz de mostrar grandes cantidades de datos, y representarlos de manera distintiva entre sus categorías.

El software ha sido actualizado con un enfoque innovador centrado en la visualización de gráficos multivariados. Esta nueva aproximación permite manejar conjuntos de datos complejos que contienen alrededor de 40 variables. La representación en 3D juega un papel central en este enfoque, aprovechando la

perspectiva espacial y la interactividad para mostrar de manera simultánea múltiples variables. Esta mejora en la visualización facilita el análisis y la comprensión de la información compleja al proporcionar una representación visual atractiva y comprensible, mejorando significativamente la comprensión de los patrones y relaciones en los datos.

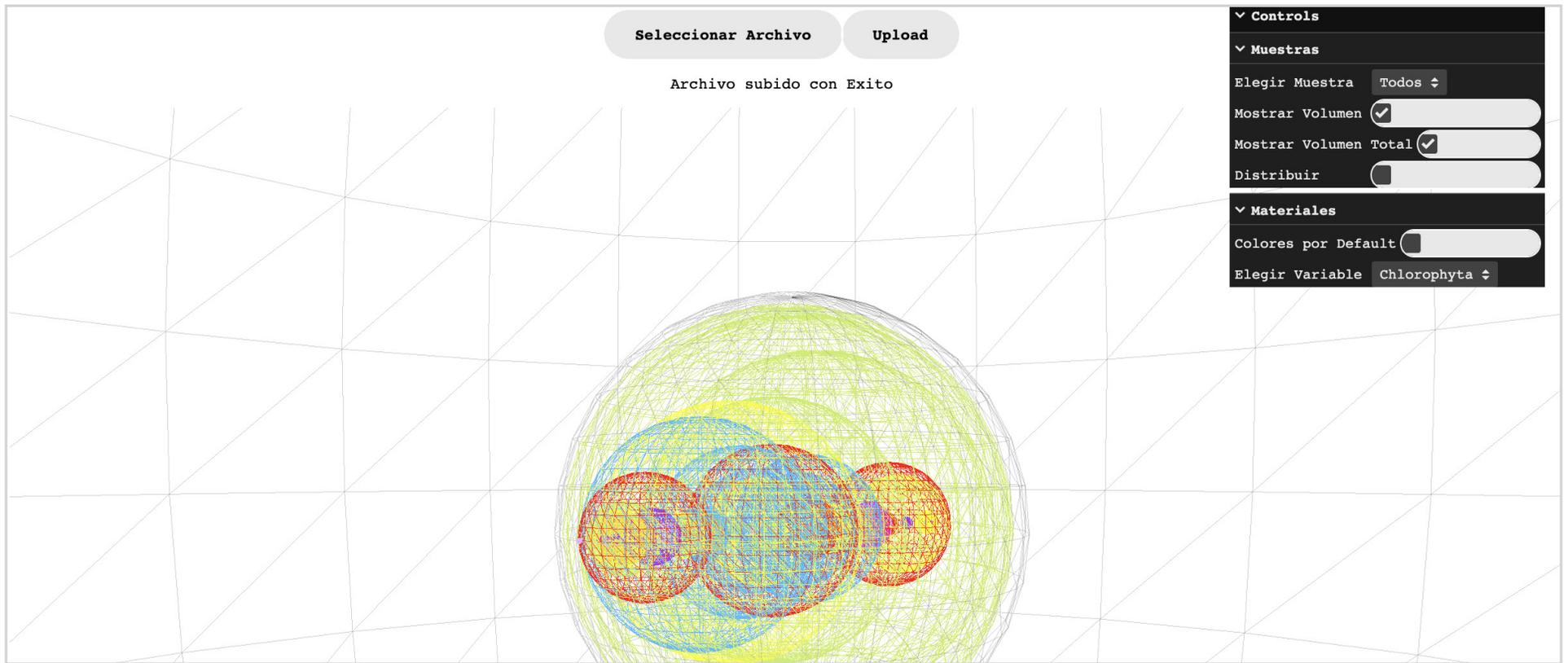
En el prototipo actual (Fig 49), se muestra una composición de varias muestras, cada una con múltiples variables. Sin embargo, debido a consideraciones de tiempo y optimización, se han utilizado solo unas pocas variables en esta iteración. En entregas posteriores, se espera que todas las variables estén disponibles para su visualización.

Para ofrecer una experiencia de usuario más personalizada, se ha incorporado una opción que permite asignar un color específico a cada variable. En la imagen proporcionada, se puede

observar que la variable "fungi" se representa en color rojo, "dinoflagellata" en color azul y "ciliophora" en color verde. Aun no se han asignado colores a las demás variables presentes en la muestra, por lo que se pueden apreciar otros colores que no están relacionados con la muestra en sí.

Testeo:

Tras consultar con un especialista en usabilidad, el Profesor Felipe Cortéz, se ha tomado la decisión de implementar diferentes paletas de colores predefinidas que permitan a los usuarios seleccionar opciones dentro de un conjunto establecido. Esta medida, permitirá a los usuarios personalizar la apariencia visual de los gráficos y adaptarlos a sus preferencias individuales. Esto contribuirá a una mayor satisfacción y usabilidad del programa, brindando una experiencia más completa y agradable a los usuarios en su interacción con los datos.



(Fig50)

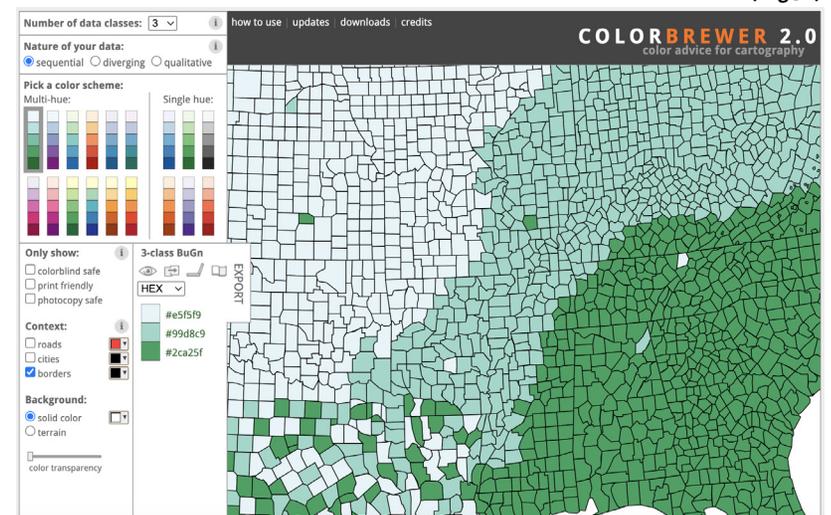
Prototipo 5

Datos Utilizados: Cantidad de Seres Vivos en el agua.

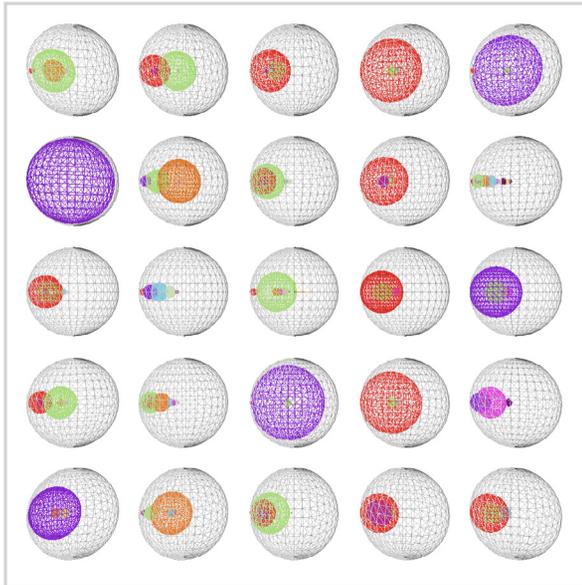
Requerimientos:

1. Proporcionar distintas opciones a los usuarios para seleccionar colores distintos.

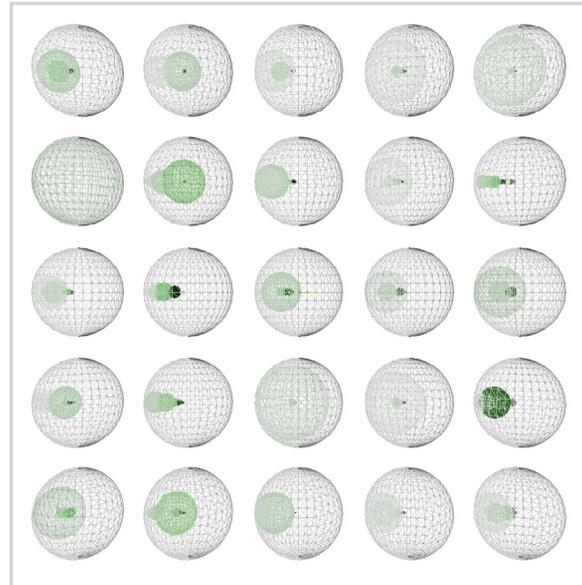
En esta iteración (**Fig 50**), se trabaja con el objetivo en proporcionar a los usuarios diversas opciones para seleccionar colores, incluyendo aquellas que consideren las necesidades de las personas con daltonismo. En este sentido, se exploraron referentes como Color Brewer (**Fig 51**), una plataforma reconocida por su enfoque en la generación de paletas de colores accesibles y visualmente armoniosas.



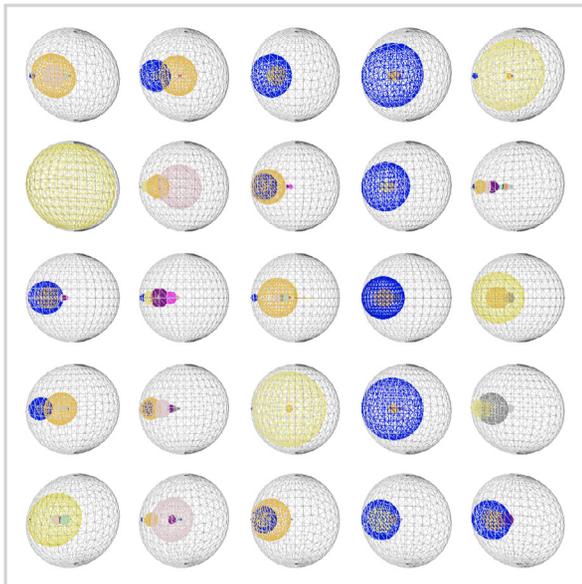
(Fig51)



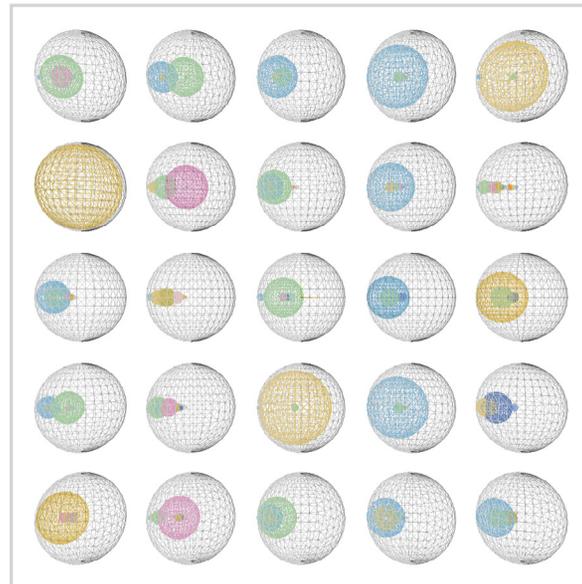
(Fig 52)



(Fig 53)



(Fig 54)



(Fig 55)

Se generan entonces, cuatro paletas de colores predeterminadas. Cada una de ellas, tiene su propia intención estética y funcionalidad, y su elección dependerá del contexto y los objetivos específicos del análisis de datos.

Paleta de colores default (Fig 52): Esta paleta ofrece una amplia gama de colores vibrantes y variados, desde tonos primarios intensos como el rojo y el azul, hasta tonos más suaves como el rosa claro y el lila. Incluye una mezcla de colores cálidos y fríos, lo que permite una representación visualmente atractiva y diversa de los datos.

Paleta de colores secuenciales (Fig 53): Esta paleta sigue una progresión gradual de colores, comenzando con tonos claros, avanzando hacia tonos más oscuros. Esta secuencia permite resaltar cambios o variaciones graduales en los datos y proporciona una representación visualmente coherente y ordenada.

Paleta de colores para daltónicos (Fig 54): Esta paleta ha sido diseñada específicamente para ser accesible para personas con daltonismo. Los tonos cálidos como el amarillo y el naranja se combinan con tonos fríos como el azul y el verde para crear una representación legible para este tipo de usuario.

Paleta de colores divergentes (Fig 55): Esta paleta está diseñada para resaltar diferencias significativas y contrastantes en los datos. Los colores se disponen en ambos extremos de la escala de valores, creando un efecto visual distintivo que destaca los puntos de inflexión o los contrastes notables en los datos.



(Fig 56)

Prototipo 6

Datos Utilizados: Cantidad de Seres Vivos en el agua.

El prototipo 6 (Fig 56) presenta una visión más completa de la plataforma, incorporando elementos visuales como el logotipo y márgenes que brindan una apariencia más estética y organizada. Además, se ha añadido una leyenda que describe claramente las variables utilizadas en el gráfico, lo que facilita la comprensión de los datos presentados.

Una mejora destacada es la inclusión de una opción para descargar el gráfico generado, lo que brinda a los usuarios la posibilidad de guardar y compartir los resultados de manera conveniente. Esta funcionalidad añade versatilidad y permite un mayor aprovechamiento de los gráficos generados.

Testeo:

Después de realizar numerosas pruebas y recibir comentarios de los usuarios, surgió una pregunta recurrente: ¿Las formas en la plataforma están dispuestas de alguna manera específica o son aleatorias? Con el objetivo de abordar esta inquietud, se decidió realizar pruebas adicionales con un especialista en el campo de la visualización 3D, Leonel Merino.

Como resultado de estas evaluaciones, se llegó a la conclusión de que es necesario establecer un orden en la disposición de las figuras 3D en función de sus variables. Este enfoque no solo brindará una estructura más clara y coherente a la visualización, sino que también seguirá los principios gestálticos, que ayudan a los usuarios a percibir y comprender mejor la información presentada, siguiendo la ley de simetría y semejanza específicamente.

Además, se toma la decisión de implementar un enfoque más eficiente para reducir el tiempo de procesamiento. En lugar de enviar una única solicitud que procese todas las muestras y variables de una vez, se ha optado por dividir el proceso en dos solicitudes distintas. En la primera solicitud, se procesarán las primeras 15 muestras junto con sus respectivas variables.

Cuando el modelo está cargado, se envía una segunda solicitud para procesar el resto del modelo sin que el usuario sea consciente de ello. Esto se hace para evitar largos tiempos de espera y mejorar la experiencia del usuario. Al dividir el procesamiento en dos solicitudes, se logra que el usuario obtenga resultados más rápidos para las primeras muestras, ya que el modelo comienza a procesarlas de inmediato. Mientras tanto, en segundo plano, se lleva a cabo el procesamiento del resto del modelo sin interrumpir la interacción del usuario.

```
function ThreeScene({ apiData }) {
  const guiContainerRef = useRef(null);
  const guiRef = useRef(null);
  const sceneRef = useRef(null);
  const rendererRef = useRef(null);
  const modelRef = useRef(null);
  const cameraRef = useRef(null);
  const divRef = useRef(null);
  const controlsRef = useRef(null);

  useEffect(() => {
    // Crea la interfaz de usuario (GUI)
    createGui();

    // Carga el modelo cuando se actualiza el apiData
    loadModel();
  }, [apiData]);

  const loadModel = () => {
    try {
      // Extrae el contenido del archivo GLTF de los datos de
      // respuesta
      const gltfContent = apiData.content;

      // Convierte el contenido GLTF codificado en base64 a
      // binario
      const gltfData = atob(gltfContent);
      const arrayBuffer = new ArrayBuffer(gltfData.length);
      const uint8Array = new Uint8Array(arrayBuffer);

      // Copia los datos binarios al Uint8Array
      for (let i = 0; i < gltfData.length; i++) {
        uint8Array[i] = gltfData.charCodeAt(i);
      }

      const loader = new GLTFLoader();
```

```
const loader = new GLTFLoader();
loader.parse(
  arrayBuffer,
  '',
  (gltf) => {
    if (modelRef.current) {
      sceneRef.current.remove(modelRef.current);
    }

    modelRef.current = gltf.scene;
    modelRef.current.material = volume_material;
    sceneRef.current.add(modelRef.current);

    modelRef.current.traverse((object) => {
      if (object.type === 'Mesh') {
        object.material = volume_material;
      }
    });
  }
);
} catch (error) {
  console.error('Error al cargar el archivo:', error);
}
});

useEffect(() => {
  // Inicializa la escena y el renderizador
  sceneRef.current = new THREE.Scene();
  sceneRef.current.background = new THREE.Color(0xffffff);

  if (divRef.current) {
    divRef.current.appendChild(rendererRef.current.domElement);
  }

  // Agrega los controles de órbita
  controlsRef.current = new OrbitControls(cameraRef.current,
```

```
controlsRef.current = new OrbitControls(cameraRef.current,
rendererRef.current.domElement);

// Bucle de animación
const animate = () => {
  requestAnimationFrame(animate);
  rendererRef.current.render(sceneRef.current, cameraRef.
current);
  controlsRef.current.update(); // Actualiza los controles
en el bucle de animación
};
animate();

// Función de limpieza cuando se desmonta el componente
return () => {
  sceneRef.current.remove(modelRef.current);
  rendererRef.current.dispose();

  if (divRef.current && rendererRef.current.domElement) {
    divRef.current.removeChild(rendererRef.current.
domElement);
  }
};
}, []);

return (
  <TwoColumnPaper colorLegendData={colorLegendData} divRef=
{divRef} guiContainerRef={guiContainerRef} />
);
}

export default ThreeScene;
```

(Fig 57)

Durante el desarrollo de este prototipo, se identificaron ciertos inconvenientes que requerían atención inmediata. Uno de los problemas principales fue la incorrecta actualización de la leyenda, lo cual resultaba en la falta de asignación de colores a todas las variables. Este inconveniente era evidente en la figura correspondiente al prototipo 6, donde algunas variables carecían de colores asignados en la leyenda.

Para abordar esta situación, se dedicó un esfuerzo considerable a la reestructuración del código, con el objetivo de establecer una estructura más sólida y eficiente.

La mejora radica en varios aspectos clave, incluyendo el uso de hooks y la implementación de verificaciones adicionales, lo que contribuye a un código más consistente y robusto. A continuación, se detalla cómo estos elementos influyen en la mejora del código:

Utilización de Hooks: La utilización de hooks en React ha revolucionado la forma en que se desarrollan las aplicaciones, proporcionando una alternativa más consistente y funcional a los componentes de clase. La función actualizada, utiliza Hooks para gestionar los datos, como referencia (eg **modelRef**, **rendererRef**, **sceneRef**). Los hooks son una característica fundamental en React que permiten el manejo del estado y la lógica de componentes funcionales. Se incluye una figura que explica el proceso de los Hooks, mediante un resumen del módulo **ThreeJS** (Fig 57), ya que se utiliza muchísimo a lo largo de todo el Frontend del Software.

Verificación de existencia de variables en los datos actualizados: se incluye una verificación para asegurarse de que no hayan datos duplicados. Esto se logra mediante el uso del método **“some()”** en la comparación de los identificadores

de las variables.

Iteración estructurada: Se realiza una iteración estructurada tanto para las variables como para las muestras. Esto mejora la legibilidad del código y facilita su comprensión. Cada iteración se enfoca en una tarea específica, como agregar una variable a los datos actualizados o asignar colores a los elementos gráficos correspondientes. Esta estructura más clara y organizada contribuye a un código más consistente y mantenible.

Manejo adecuado de los objetos padre e hijos: En la función actualizada, se incluyen verificaciones para asegurarse de que los objetos padre e hijos existan antes de realizar operaciones en ellos. Esto evita errores y excepciones inesperadas al acceder a propiedades o métodos inexistentes. Al verificar la existencia de los objetos antes de interactuar con ellos, se promueve un código más seguro y consistente.

LI
HO

Tutorial

1. Sube tu archivo CSV

SELECCIONAR ARCHIVO

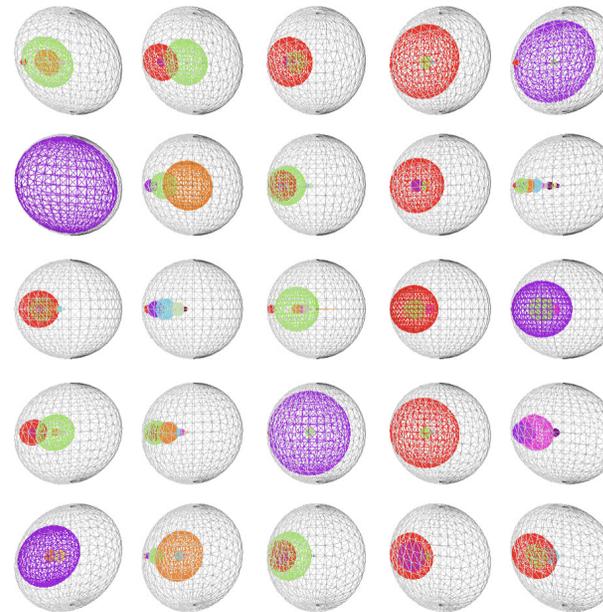
UPLOAD

Cargando Modelo...

2. Descarga tu gráfico

DESCARGAR

- Chlorophyta
- Fungi
- Dinoflagellata
- Ochrophyta
- Ciliophora
- Haptophyta
- Pseudofungi
- Conosa
- Metazoa
- Sagenista
- Cryptophyta
- Opalozoa
- Cercozoa
- Katablepharidophyta
- Telonemia
- Picozoa
- Prasinodermophyta
- Streptophyta
- Rhodophyta
- Stramenopiles_X
- Apicomplexa



▼ Controls

▼ Muestras

Elegir Muestra Todos

Mostrar Volumen

Mostrar Volumen Total

Distribuir

▼ Materiales

Colores por Default Default

```

r = round_number(row[column]) // 10
if r > 0:
    if -(r + abs(numero_x)) < intervalo[0]:
        posicion_x = numero_x + r
    else:
        posicion_x = numero_x
  
```

(Fig58)

(Fig59)

Prototipo 7

Datos Utilizados: Cantidad de Seres Vivos en el agua.

Objetivo: El objetivo es representar las figuras geométricas de manera ordenada siguiendo los principios gestálticos mencionados en el prototipo anterior. Después de varias iteraciones de código, se llegó a una implementación final (Fig59).

El Backend de la aplicación utiliza un código en Python que utiliza el módulo bpy para organizar las muestras de figuras geométricas. En el código (Fig58), se realiza un cálculo para obtener un valor entero "r" a partir de un número redondeado. Este valor se utiliza para determinar la posición en el eje x de las figuras geométricas. Si el valor "r" es mayor que cero, se aplica una lógica de ajuste de posición basada en intervalos en una línea recta.

En particular, se verifica si la posición está cerca del borde inferior de un intervalo. En ese caso, la posición se desplaza al borde inferior del siguiente intervalo. Si la posición no está cerca del borde inferior, se mantiene sin cambios. Luego, se actualiza la variable "numero_x" sumándole el valor "r".

La función "distribuir" se encarga de distribuir las figuras geométricas en una estructura espacial determinada, dependiendo del valor de la variable "visibility".

El proceso de distribución comienza definiendo un tamaño ("size") y una matriz vacía ("slicedArr") para almacenar las porciones de datos de las muestras.

A continuación, se establece un arreglo de ancho de cuadrícula ("grid_width") que define las posiciones en el eje x donde

se ubicarán las figuras. Este arreglo se utiliza para asignar las posiciones de las figuras en la distribución. Luego, se itera sobre las porciones de datos ("slicedArr") y se accede a cada elemento de cada porción utilizando un bucle anidado. Para cada elemento, se busca el objeto padre correspondiente en el modelo 3D mediante el método "getObjectByName".

Si se encuentra el objeto padre, se verifica el valor de "visibility". Si es "true", se establece la posición del objeto padre en base a las coordenadas definidas por el arreglo "grid_width", reinicia los controles de la escena y ajusta la posición de la cámara.

Por otro lado, si "visibility" es "false", se establece la posición del objeto padre en (0, 0, 0), es decir, en el origen de la escena.

Leyes de la Gestalt presentes en el proyecto

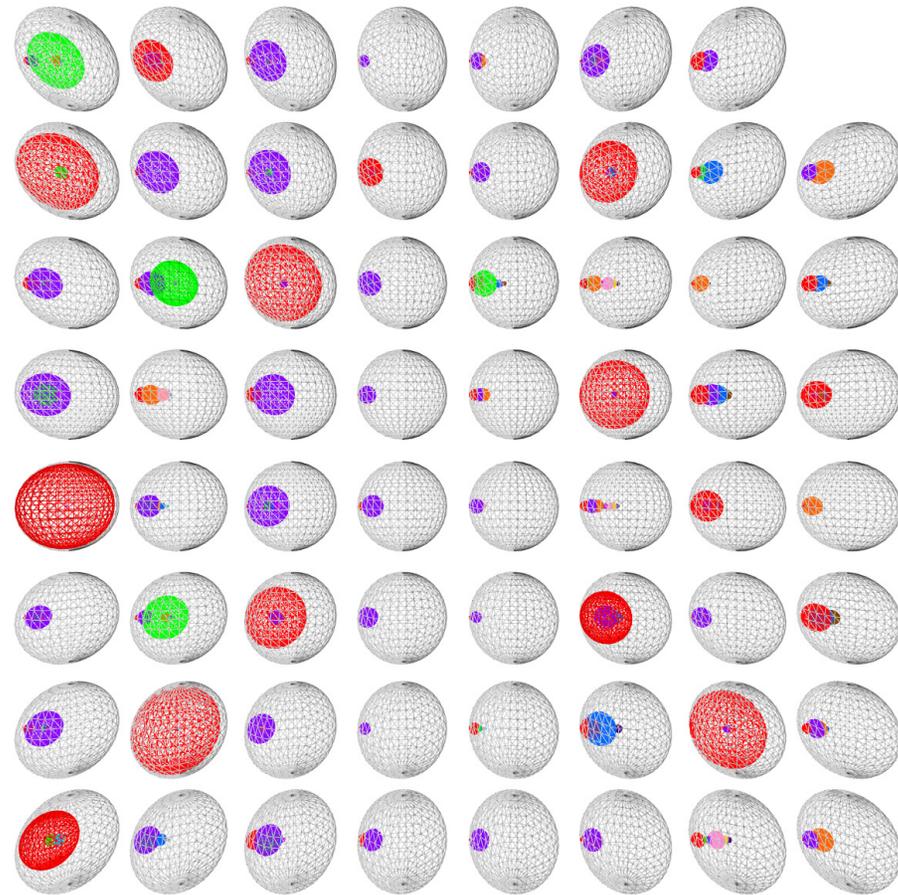
Proximidad: Cada variable se asigna a su respectiva muestra, enfatizando su exclusividad dentro de esa muestra en particular. Aunque las muestras están separadas, representando elementos diferentes en la base de datos, comparten una proximidad visual similar. Esta disposición visual promueve el agrupamiento y la percepción de unidad entre las variables relacionadas, a pesar de la proximidad física en el espacio tridimensional. Así, se logra una representación visual coherente que facilita la comprensión de la relación entre las variables dentro de cada muestra y su conexión en el contexto más amplio de la base de datos.

Semejanza: Para aprovechar la tendencia natural de agrupar elementos con características similares, se asignaron a todas las variables un color específico y se les dio una forma común. Sin embargo, se decidió no asignarles el mismo tamaño, ya que, aunque comparten las mismas variables, pertenecen a muestras diferentes en proporciones distintas. De esta manera, se respeta la individualidad de cada muestra, al tiempo que se utiliza el color y la forma para crear grupos visuales coherentes y facilitar la identificación y organización de las variables relacionadas.

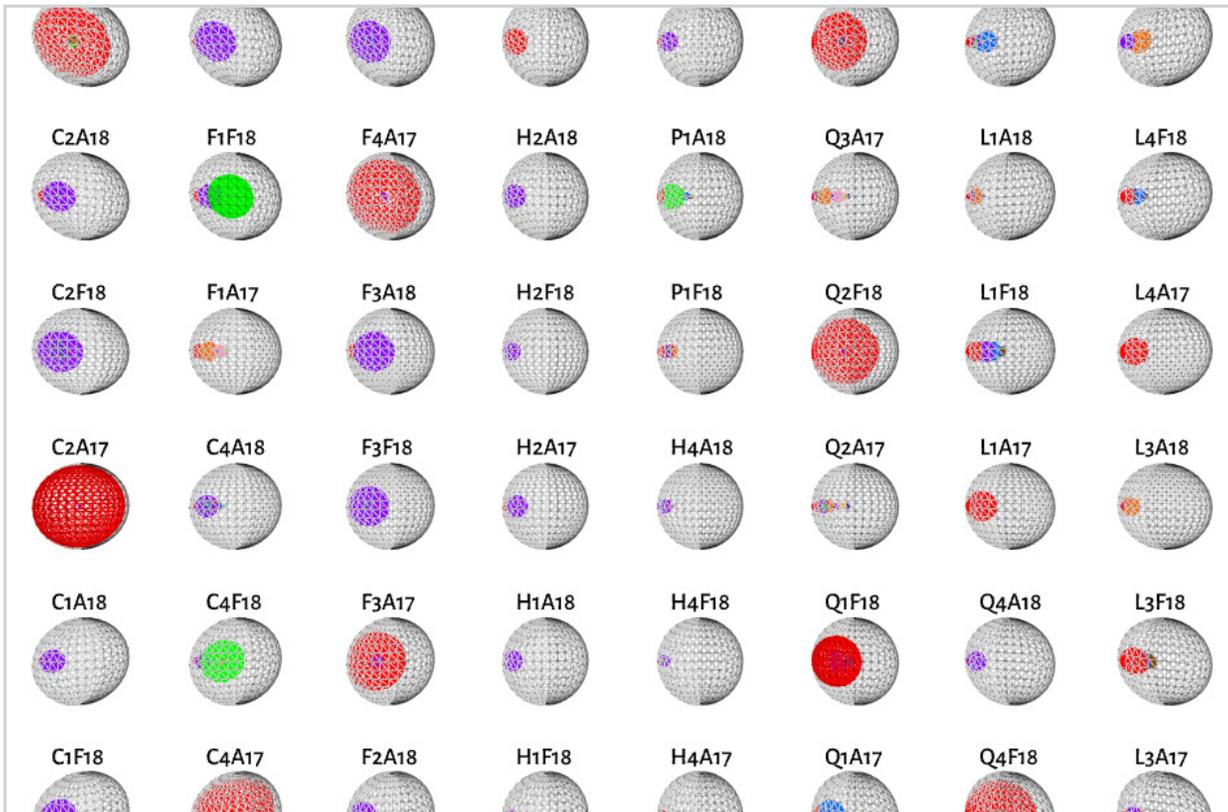
Simetría: Para que las muestras fuesen percibidas como una unidad coherente, se implementa un módulo llamado “distribuir”, que aplica un algoritmo que organiza las muestras en un patrón simétrico en un espacio tridimensional, mediante el cálculo de la raíz cuadrada más cercana al número de muestras, para crear una grilla que tenga la misma cantidad de muestras tanto en dirección horizontal como en dirección vertical. Esto asegura una disposición equilibrada y geométricamente coherente de las muestras en el espacio.

Cierre: Para abordar el problema de que el volumen absoluto puede ocultar lo que hay en su interior, se ha utilizado la ley de cierre para encontrar una solución. Se ha añadido una característica especial al material de todas las muestras llamada “wireframe” (marco de alambre), que se asemeja a una malla. Esta característica evita que los volúmenes, incluyendo las esferas, se superpongan entre sí, permitiendo ver a través de ellos.

Continuidad: Para aprovechar la propiedad perceptual de que los elementos en una línea o curva continua se perciben como una unidad, todas las muestras se representaron como esferas. Esto crea una disposición visual en la que las muestras están conectadas y se perciben como una entidad coherente. Esta estrategia mejora la comprensión y percepción de la imagen en su totalidad.



(Fig 60)



```
function createTextObject( text = '',
fontSize = 10, color = 0x000000,
samplePosition) {
  console.log('createTextObject');
  const font = new FontLoader().parse
  (FontData);
  const geometry = new TextGeometry(text, {
    font: font,
    size: fontSize,
    height: 0.1,
  });
  const material = new THREE.
  MeshBasicMaterial({ color: color });
  const Typography = new THREE.Mesh
  (geometry, material);
  Typography.position.set(samplePosition.x,
  samplePosition.y, samplePosition.z);
  console.log(Typography);

  return Typography;
}

export default createTextObject;
```

(Fig 61)

Prototipo 8

Datos Utilizados: Cantidad de Seres Vivos en el agua.

Objetivo: El objetivo de este prototipo fue cerrar el proyecto, haciendo algunas features nuevas como por ejemplo mostrar información de cada muestra, y también renderizando el resultado de manera acertada, desde una plataforma web.

También se pueden distribuir las muestras según parametros definidos en la Interfaz.

La función createTextObject (Fig 61) utiliza la biblioteca Three.js para crear un objeto tridimensional de texto. En primer lugar, carga los datos de la fuente desde un archivo JSON utilizando la variable FontData. Estos datos contienen información sobre la fuente Alegreya Sans, que se elige por su legibilidad.

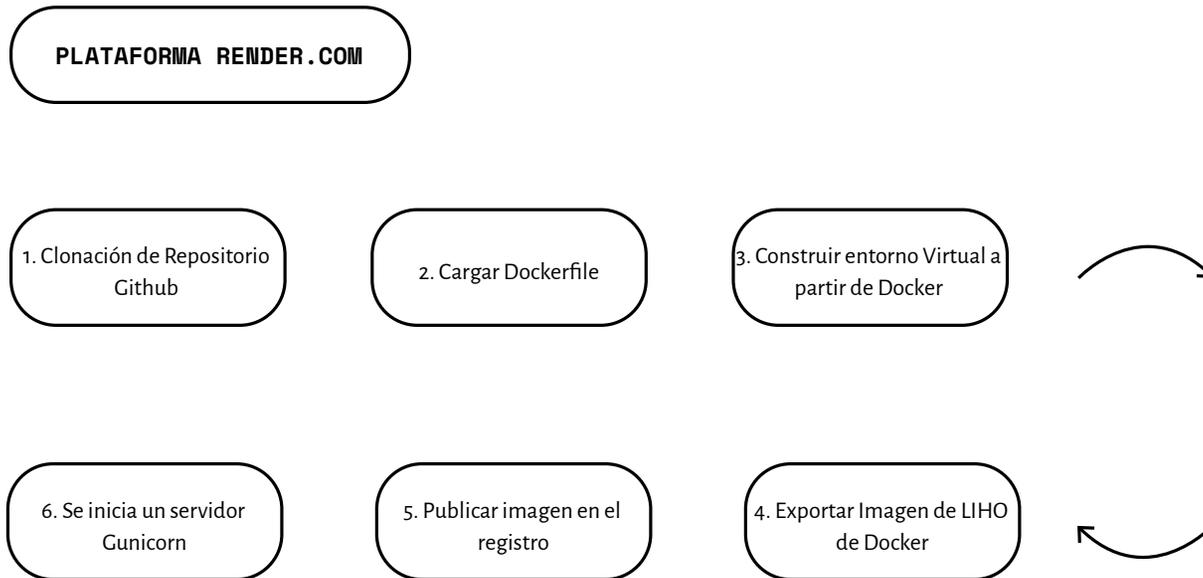
Luego, se utiliza un FontLoader para analizar los datos de la fuente cargados y se generan la geometría del texto utilizando TextGeometry. Se proporciona el texto a representar, el tamaño de la fuente y una altura de 0.1.

A continuación, se crea un material básico de MeshBasicMaterial y se utiliza junto con la geometría generada para crear un objeto tridimensional de texto llamado Typography. Este objeto representa visualmente el texto en un entorno tridimensional.

Además, la interfaz tiene campos de entrada para las coordenadas x, y y z, puedes obtener estos valores y asignarlos a las propiedades de posición del objeto Typography.

Finalmente, se establece la posición del objeto Typography

utilizando las coordenadas proporcionadas en el parámetro samplePosition. Estas coordenadas definen la ubicación en el espacio tridimensional donde se colocará el objeto de texto.



Proceso de renderizado Prototipo 8

El proyecto utiliza Render como servidor principal. Los pasos que realiza son los siguientes:

En primer lugar, se clona el repositorio que contiene el código fuente de la aplicación. Esto se hace para obtener todos los archivos necesarios para construir el contenedor.

Luego, se descarga la Dockerfile (**Fig 62**), que es un archivo de configuración que define cómo se construirá la imagen del contenedor. La Dockerfile contiene todas las instrucciones necesarias para instalar dependencias, configurar el entorno o copiar los archivos del proyecto.

Una vez que se ha descargado la Dockerfile, se procede a construir la imagen del contenedor utilizando el comando docker

build. Este comando ejecuta las instrucciones definidas en la Dockerfile y crea una imagen que contiene todos los componentes necesarios para ejecutar la aplicación.

Finalmente, una vez que la imagen del contenedor se ha construido correctamente, se inicia un servidor Gunicorn dentro del contenedor. Gunicorn es un servidor HTTP de aplicaciones web que permite ejecutar la aplicación Django de manera eficiente y escalable.

```

# Utiliza una imagen base más reciente de Python
FROM python:3.10.8-slim

# Instala las dependencias del sistema y elimina la caché
RUN apt-get update && apt-get install -y
--no-install-recommends \
  build-essential \
  libx11-6 \
  libxrender1 \
  libxxf86vm1 \
  libxtst6 \
  libxt6 \
  libxi6 \
  libgl1-mesa-glx \
  libgl1-mesa-dri \
  libglvnd0 \
  libsm6 \
  libfontconfig1 \
  libxext6 \
  libxkbcommon-x11-0 \
  && rm -rf /var/lib/apt/lists/*

# Crea el directorio de trabajo
WORKDIR /app

# Copia los archivos de proyecto e instala las dependencias
del proyecto

COPY pyproject.toml poetry.lock ./
RUN pip install --upgrade pip && pip install poetry &&
poetry config virtualenvs.create false
RUN poetry install

# Copia los archivos restantes del proyecto
COPY . .

# Ejecuta los comandos de gestión de Django (collectstatic,
migrate, createsuperuser)
RUN python manage.py migrate
RUN python manage.py createsuperuser

# Instala Gunicorn
RUN pip install gunicorn

# Expone el puerto necesario (ajusta según la configuración
de Django)
EXPOSE 8000

# Inicia el servidor utilizando Gunicorn
CMD ["gunicorn", "liho.wsgi:application", "--bind", "0.0.0.
0:8000"]
  
```

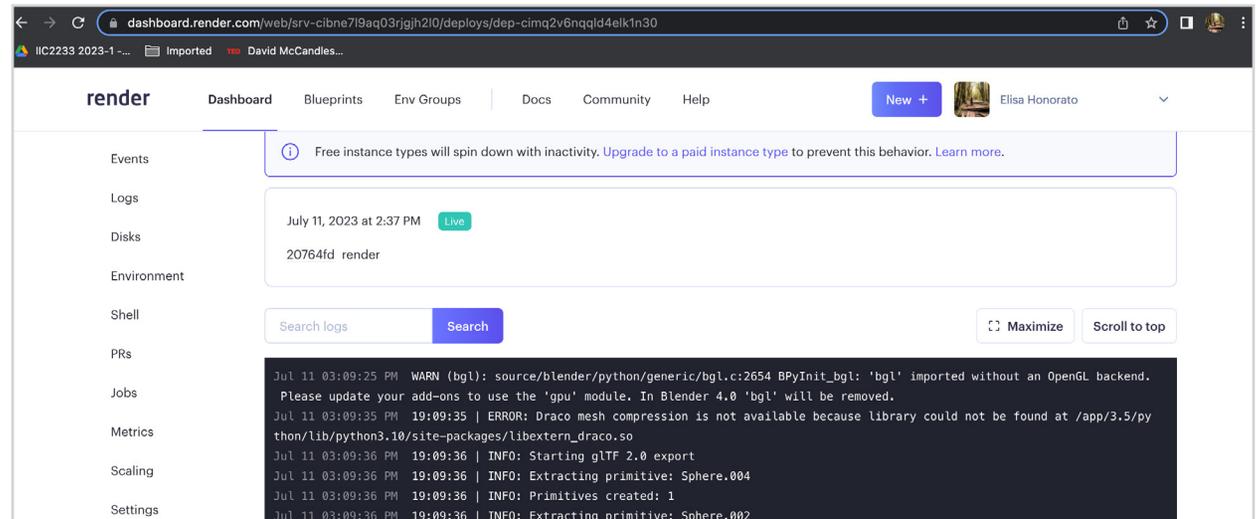
(Fig 62)

El dominio elisahonorato.github.io es un sitio web donde se encuentra alojado LIHO. Sin embargo, este servidor funciona en una instancia gratuita, lo que significa que tiene ciertas limitaciones en cuanto a su capacidad de procesamiento.

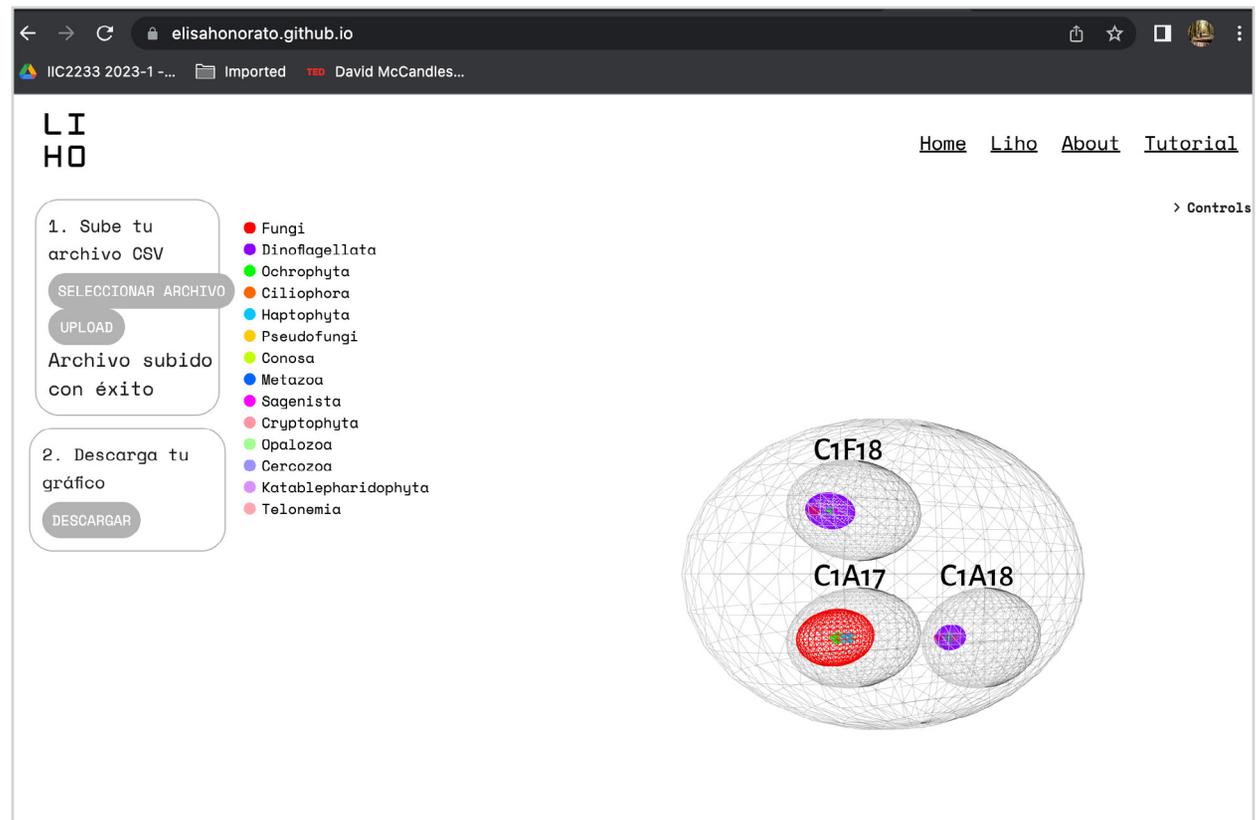
Actualmente, solo puede manejar hasta 3 muestras simultáneamente, como se puede observar en la imagen que muestra el servidor en funcionamiento (Figura 64). Esto significa que si se envían más de 3 muestras al servidor para su procesamiento, el servidor no podrá manejarlas debido a las restricciones impuestas por la instancia gratuita. La Figura 63 muestra que el servidor está en pleno funcionamiento y es capaz de extraer esferas primitivas de Blender de manera exitosa. Esto indica que, dentro de sus limitaciones de procesamiento, el servidor puede ejecutar tareas específicas con éxito.

Para poder procesar un mayor número de muestras, se requeriría invertir en la plataforma y migrar a una instancia más poderosa de renderización. Esto implica destinar recursos adicionales, como fondos económicos, para mejorar la capacidad y rendimiento del servidor.

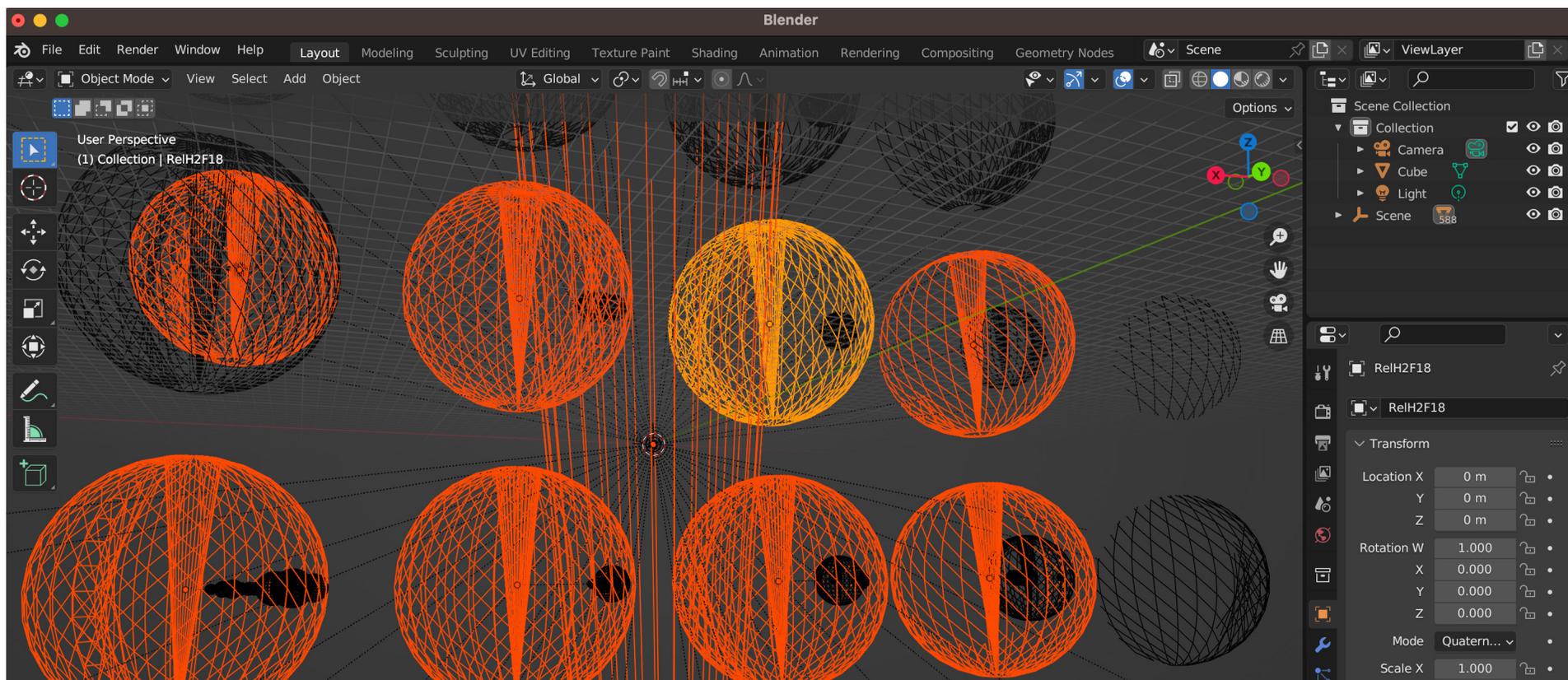
La migración a una instancia más poderosa permitiría aumentar la capacidad de procesamiento del servidor, lo que a su vez permitiría procesar un mayor número de muestras de manera simultánea. Sin embargo, es importante considerar que esto implicaría costos adicionales, ya que una instancia más potente generalmente conlleva un mayor gasto en recursos y servicios.



(Fig 63)



(Fig 64)



(Fig 65)

Prototipo 9

Datos Utilizados: Cantidad de Seres Vivos en el agua.

Objetivo: El objetivo de este prototipo fue permitir la descarga del archivo .glb desde cualquier navegador web, con propósito de ser procesado por alguna de las aplicaciones de Modelado 3D. Debido a la afinidad del proyecto con Blender, se testeó la correcta visualización del modelo en esta aplicación.

Para lograr este objetivo, se ha desarrollado un módulo integrado en la plataforma web que permite a los usuarios descargar archivos en formato .glb directamente desde su navegador. Esta funcionalidad se ha diseñado pensando en brindar acceso a la comunidad de modelado 3D y fomentar la experimentación con datos científicos.

Un enfoque alternativo del proyecto, ha sido garantizar la

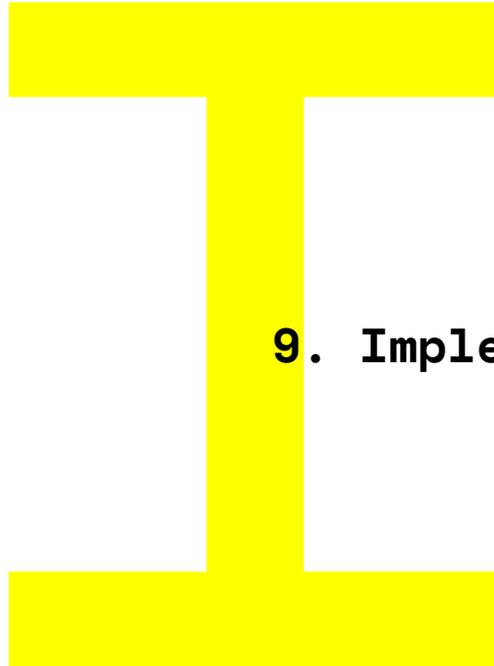
compatibilidad y la correcta visualización de los modelos en la popular aplicación de modelado 3D Blender. Se han realizado pruebas exhaustivas para asegurar que los archivos .glb generados sean compatibles con Blender y se puedan cargar sin problemas, permitiendo a los usuarios trabajar con ellos de manera fluida.

El módulo implementado en la plataforma web utiliza técnicas de procesamiento de archivos para convertir los datos científicos en formato adecuado (.gltf) antes de exportarlos como archivos .glb. Esto garantiza que los modelos resultantes sean fieles a los datos originales y se puedan visualizar correctamente en diversas aplicaciones de modelado 3D.

Además de su compatibilidad con Blender, el objetivo del proyecto es facilitar la utilización de los modelos generados en

otras aplicaciones de modelado 3D. Los archivos .glb descargados pueden ser importados y utilizados en una amplia gama de programas de modelado, lo que permite a los usuarios explorar diferentes herramientas y técnicas de modelado 3D en función de sus preferencias y necesidades específicas.

La (Fig 65) ejemplifica el flujo de trabajo desde la plataforma web del proyecto hasta Blender. Muestra un modelo tridimensional procesado y cargado en la plataforma, luego descargado y visualizado en Blender. Se destaca la compatibilidad entre ambas herramientas y cómo los usuarios pueden trabajar con datos científicos en un entorno de modelado 3D.



9. Implementación

Mantenimiento

En el contexto de este proyecto en particular, los costos están directamente relacionados con el uso del servidor y el almacenamiento necesario. Al evaluar las opciones disponibles, se consideró inicialmente la posibilidad de utilizar una instancia EC2 y S3 de Amazon Web Services (AWS) para el almacenamiento. Sin embargo, se determinó que esta configuración resultaría costosa para mantener el proyecto como una iniciativa experimental.

En lugar de optar por esa solución, se realizaron ajustes y se exploraron alternativas más asequibles. En la actualidad, el proyecto se encuentra alojado en Render y Cloudinary. Si bien estas opciones pueden tener ciertas limitaciones en cuanto a la velocidad de respuesta, se han adaptado para cumplir con los requisitos actuales del proyecto.

LI
HO

[Home](#) [Liho](#) [About](#) [Tutorial](#)

About Us

> Controls

- Fungi
- Dinoflagellata
- Ochrophyta
- Ciliophora
- Haptophyta
- Pseudofungi
- Conoea
- Metazoa
- Sagenista
- Cryptophyta
- Opalozoa
- Cercozoa
- Katablepharidophyta
- Telonemia
- Picozoa
- Prasinodermophyta
- Streptophyta
- Rhodophyta
- Stramenopiles_X
- Apicomplexa

Financiamiento

Se está considerando la posibilidad de postular a fondos concursables para obtener recursos adicionales y poder migrar el proyecto a un servidor más robusto en el futuro. Asimismo, se está explorando la opción de ser contratado por diferentes agentes interesados en utilizar el software, permitiéndoles elegir y financiar el servidor que mejor se ajuste a sus necesidades específicas. Vale destacar que el proyecto está totalmente listo para su implementación y puede ser ejecutado en cualquier computadora gracias a su carácter de código abierto.

Como proyecto de I+D, existen una serie de programas y concursos que financian y facilitan la generación de este tipo de proyectos. Dentro de estos programas y concursos destacan los ofrecidos por Corfo, Fondef, universidades y empresas privadas.

1. Corfo - Innova Alta Tecnología
2. Corfo - Retos de Innovación
3. Corfo - Crea y Valida I+D+i
4. Fondef - Concurso IDeA I+D
5. Fondef - Valorización de la Investigación en la Universidad (VIU)
- 6 - I+D para Innovar
7. Brain Chile - Concurso Brain Chile



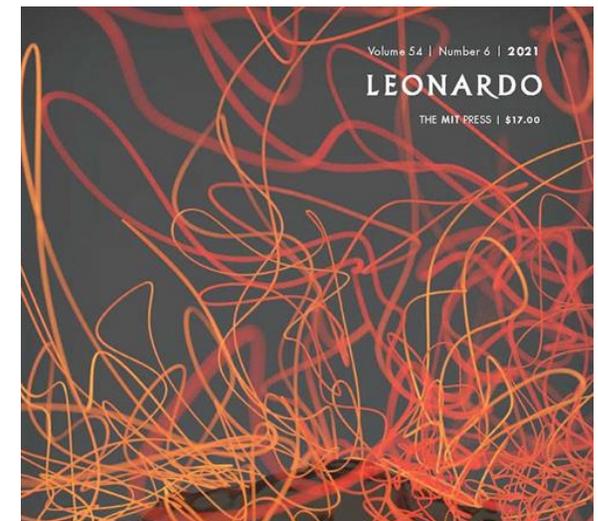
Reconocimiento

El proyecto ha sido postulado a la revista Leonardo MIT, una publicación dedicada a explorar la convergencia entre el arte, la ciencia y la tecnología, los resultados se conocerán en Agosto del 2023. Esta revista, fundada en 1968 por el artista y científico Frank J. Malina, busca promover el diálogo y la colaboración entre distintas disciplinas, resaltando trabajos que exploran la interacción creativa entre el arte y la tecnología. Leonardo, como revista internacional de revisión por pares, es reconocida por su enfoque en el uso de la ciencia y tecnología contemporánea en las artes y la música, así como en la aplicación e influencia de las artes y humanidades en la ciencia y tecnología.

La revista busca trabajos que trasciendan las fronteras artificiales que separan las artes y las ciencias contemporáneas. Además de presentar artículos ilustrados escritos por artistas sobre su propio trabajo, también cuenta con contribuciones de historiadores, teóricos, filósofos y otros investigadores. Leonardo se interesa especialmente en temas relacionados con la interacción de las artes, las ciencias y la tecnología.

La publicación de Leonardo ofrece características especiales a sus lectores a través del sitio de MIT Press Journals, incluyendo archivos multimedia y de audio complementarios al contenido de los artículos.

Independientemente del resultado final, la postulación ofrece la oportunidad de obtener una retroalimentación valiosa, así como también puede abrir puertas para futuras colaboraciones y visibilidad en la comunidad académica y profesional interesada en la intersección entre el arte, la ciencia y la tecnología.



(Fig 66)

Difusión

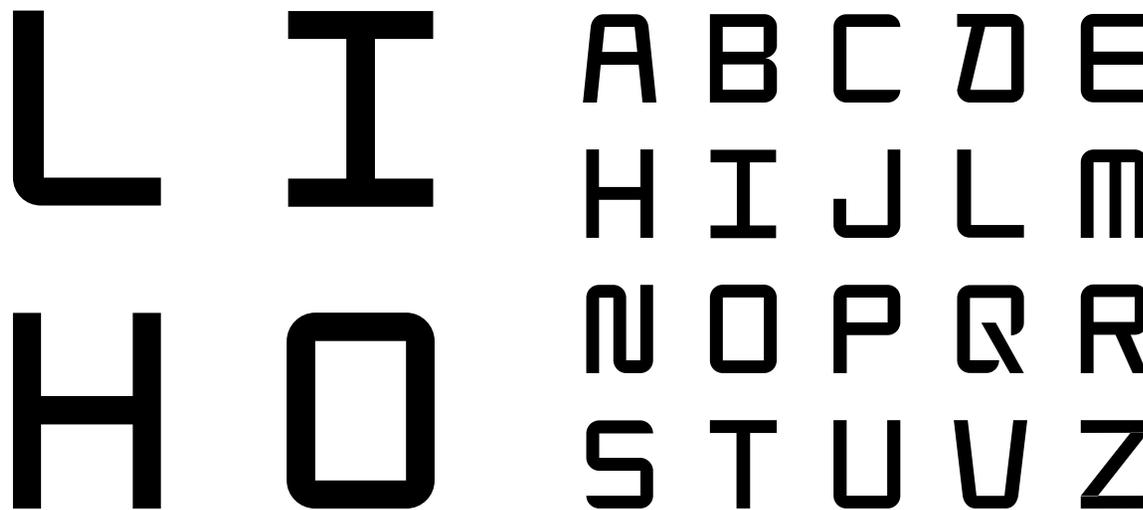
Logotipo y su Tipografía

Liho es una fuente modular diseñada especialmente para el logotipo del proyecto, que se inspira en el minimalismo, la geometría y el modernismo. Su estilo monolineal y bajo contraste transmite solidez y sugiere una tipografía persuasiva y autoritaria. Sin embargo, se recomienda utilizarla principalmente en títulos grandes en lugar de textos extensos. Además, su diseño mono espaciado hace referencia al mundo de la programación y las máquinas.

Con su forma cuadrada y geométrica, Liho evoca la estructura y organización de las bases de datos. Su diseño ordenado y uniforme refleja la naturaleza sistemática de la información almacenada en dichas bases. Esta característica le confiere un aspecto moderno y tecnológico, relacionándola con la gestión de datos y la visualización de información digital.

Al emplear Liho en proyectos relacionados con bases de datos, se establece una conexión visual entre la representación tipográfica y la estructura de los datos subyacentes. Esto ayuda de manera intuitiva a transmitir la idea de orden, precisión y procesamiento de información. En conjunto con las herramientas de visualización de datos del proyecto Liho, esta fuente proporciona una experiencia coherente y visualmente unificada que facilita la comprensión y el análisis de la información almacenada en las bases de datos.

La tipografía fue desarrollada en el contexto de un proyecto universitario, del curso Introducción a la Tipografía con el profesor Francisco Gálvez.



Análisis de Resultados

El análisis de resultados en el proyecto Liho se enriqueció significativamente gracias a la colaboración con expertos en diversas áreas de las ciencias. Esta interacción permitió obtener una perspectiva completa sobre los impactos, las iteraciones posibles y las proyecciones futuras del proyecto, trascendiendo los límites del caso de estudio inicial. Además de las reuniones con el Doctor Rodrigo de la Iglesia, se buscó analizar perspectivas más amplias.

La participación de expertos en ciencias, como ingenieros, desarrolladores de software y especialistas en tecnología, desempeñó un papel fundamental en la comprensión de los aspectos técnicos y de implementación de la plataforma más allá del caso de estudio específico. Sus conocimientos clave permitieron evaluar la viabilidad y eficacia de las soluciones técnicas utilizadas en Liho y, al mismo tiempo, identificar oportunidades de mejora y optimización en el proceso de generación de archivos GLTF a partir de los datos CSV.

La colaboración con estos profesionales aseguró que el análisis de resultados fuera riguroso y completo, considerando aspectos técnicos, de usabilidad y de rendimiento en la plataforma.

Reuniones con Rodrigo de la Iglesia (Caso de Estudio)



Objetivo: Obtener retroalimentación directa y constante de cómo mejorar los prototipos.

Reunión con Experto en ciencias de la computación



Objetivo: Obtener retroalimentación de la calidad del software tanto en sus proyecciones como técnica.

Reunión con Ingeniero en hidráulica



Objetivo: Conocer las necesidades de los investigadores (público objetivo).

Reunión con creador de Genovi (software de visualización de datos genómicos)



Objetivo: Reconocer posibles mejoras y recopilar ideas referentes al proyecto.

Reunión

Roberto Durán (Creador de GenoVi, Científico)

17 de Julio de 2023

Se encontró una apreciación positiva hacia el proyecto en general. Roberto valoró especialmente la capacidad del software para visualizar datos de forma amigable y ordenada, reconociendo su relevancia y utilidad en el ámbito científico.

Durante el encuentro, ambos compartimos la opinión de que sería beneficioso ofrecer una opción más personalizada al usuario, para adaptar el software a sus necesidades específicas. Sin embargo, también coincidimos en que lograr una personalización completa puede ser un desafío significativo, dado que se busca crear una plataforma versátil que sea útil para una amplia variedad de usuarios.

Roberto enfatizó la importancia del desarrollo de plataformas como esta, que permiten a los científicos visualizar y analizar datos de manera efectiva, lo que puede tener un impacto significativo en el avance de la investigación y la toma de decisiones informadas.

Reunión

Rodrigo de la Iglesia (Usuario Caso de Estudio)

El usuario se mostró entusiasmado con los avances logrados en el proyecto y vislumbra un futuro prometedor para la plataforma Liho. Considera que esta herramienta tiene un impacto significativo en el campo de estudio y abre posibilidades para el descubrimiento y la comprensión más profunda de fenómenos biológicos complejos. La retroalimentación y el entusiasmo del biólogo motivan al equipo a continuar explorando nuevas aplicaciones y mejoras en Liho para seguir superando expectativas y brindar soluciones valiosas en el ámbito científico.

Reunión

Vicente Bascuñán (Ingeniero en Hidráulica)

10 de Julio de 2023

El usuario pudo reconocer que el trabajo realizado es sumamente interesante, ya que ofrece la posibilidad de visualizar datos de manera amigable y ordenada. Vicente expresó que en la empresa en la que trabaja han enfrentado dificultades a lo largo del tiempo para encontrar plataformas que les permitan organizar y presentar los datos de forma rápida y efectiva. Como se mostró en el ejemplo del proyecto, han trabajado con información de calidad de aguas, y en este contexto, consideraron que la incorporación de programación y manejo de datos en su industria sería de gran utilidad. Además, reconoció que estas soluciones pueden ser beneficiosas para diversas áreas del mercado. En general, el trabajo fue bien recibido y elogió los resultados obtenidos.

Reunión

Hernán Valdivieso (Experto en Ciencias de la Computación)

3 de Abril de 2023

El encuentro con el experto, con su experiencia en docencia y desarrollo de técnicas de visualización, puso de manifiesto su preferencia por la visualización en 2D, debido a su familiaridad con este enfoque en su trabajo. Como resultado, sugirió cambiar la visualización 3D que ofrecía la plataforma. Esta situación llevó a reflexionar sobre la adecuación de la plataforma para satisfacer las necesidades y preferencias de todos los usuarios.

Este diálogo con el experto se convirtió en un punto de inflexión en el desarrollo de la plataforma, ya que impulsó a replantear el enfoque de manera más amplia. En lugar de simplemente ceder ante la preferencia por la visualización 2D, decidí justificar y potenciar la tridimensionalidad de la plataforma. Luego, se logra reconocer que la visualización en 3D ofrece ventajas y oportunidades únicas para comprender y explorar datos complejos en una dimensión adicional.

En consecuencia, se propuso resaltar los beneficios de la visualización 3D y demostrar cómo puede mejorar la interpretación y análisis de datos en ciertos contextos. Se presentaron argumentos sólidos que destacaban la capacidad de la visualización 3D para proporcionar una representación más realista y completa de fenómenos y objetos tridimensionales.

Conclusiones Clave

Este proyecto consistió en diseñar una herramienta de visualización tridimensional multivariable para crear y personalizar exploraciones de datos científicos, lo cual puede ayudar a los usuarios con poca experiencia en el campo de la visualización científica o a los no expertos a obtener una mejor comprensión de los datos científicos.

Tras un exhaustivo análisis de los resultados obtenidos, se propone LiHO como una herramienta para proporcionar una solución efectiva para la representación de datos científicos. Sin embargo, se identifica la necesidad de un mayor desarrollo en el campo de la visualización de datos, especialmente en la creación de gráficas y representaciones visuales más avanzadas. Aunque el enfoque actual ha demostrado ser adecuado en algunos casos, se requiere un enriquecimiento de las herramientas y técnicas utilizadas para facilitar una comprensión más profunda y un análisis más detallado de los datos.

Se espera que LiHO sea una gran herramienta para la comunidad científica, brindando a los investigadores la capacidad de analizar y visualizar datos relevantes para sus estudios. Esto permitirá a los científicos tomar decisiones más fundamentadas e informadas, así como descubrir patrones y tendencias ocultas en los datos. Además, la posibilidad de descargar las visualizaciones en formato gltf ampliará aún más las posibilidades de exploración de los resultados, ya sea a través de plataformas de 3D interactivas o mediante la impresión en 3D de modelos tridimensionales.

Si bien se reconoce que el proyecto aún tiene margen de mejora y avance en términos de diseño y desarrollo de software, su funcionamiento actual demuestra su viabilidad y potencial como una herramienta inicial hacia nuevas formas

de visualización de datos y creación de modelos geométricos. En definitiva, LiHO representa un valioso punto de partida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la visualización científica.

Principales logros

Este proyecto ha logrado alcanzar sus objetivos propuestos y ha tenido un impacto significativo en la comunidad científica. Al proporcionar una plataforma de visualización tridimensional multivariable de bases de datos científicos, ha facilitado la comprensión y el análisis de datos complejos. Los principales logros de este proyecto incluyen:

Mejora en la visualización de datos: LiHO ha permitido a los científicos visualizar sus datos de una manera más efectiva y comprensible. Al utilizar representaciones tridimensionales y multivariables, se han superado las limitaciones de las visualizaciones tradicionales en dos dimensiones, lo que ha llevado a una comprensión más profunda de los datos.

Facilita la exploración de datos complejos: Con la plataforma LiHO, los investigadores pueden explorar y manipular grandes conjuntos de datos de manera interactiva.

Apoyo en la investigación científica: LiHO es una herramienta que brinda apoyo en la investigación científica al permitir a los científicos analizar y visualizar datos relevantes para sus estudios. Su capacidad para descargar visualizaciones en formato gltf amplía las posibilidades de exploración tridimensional e incluso impresión en 3D. Esto mejora la calidad de la investigación y promueve el descubrimiento científico.

Análisis FODA

Fortalezas

Plataforma open-source: LiHO se basa en un modelo de código abierto, lo que permite a la comunidad científica acceder de manera gratuita, fomentando la colaboración y el intercambio de conocimientos.

Visualización tridimensional y multivariable: LiHO ofrece la capacidad de analizar y visualizar datos científicos en un formato tridimensional, lo que permite una comprensión más intuitiva de los datos y la potencial identificación de patrones complejos.

Interfaz amigable y accesible: LiHO ha sido diseñada para ser fácil de usar, facilitando la manipulación y exploración de los datos científicos.

Descarga de visualizaciones: LiHO permite a los usuarios descargar las visualizaciones en formato gltf, lo que les brinda la posibilidad de utilizar las visualizaciones en otros contextos o plataformas.

Debilidades

Limitación en la diversidad de datos: LiHO puede estar limitado en términos de los tipos de datos que puede manejar y visualizar. Esto puede restringir su aplicabilidad en ciertos campos científicos.

Necesidad de educación y capacitación: Aunque LiHO se ha diseñado para ser accesible para usuarios sin experiencia técnica, aún puede requerir cierto nivel de educación y capacitación para aprovechar al máximo todas sus funcionalidades.

Dependencia de la infraestructura de servidores: El rendimiento y la disponibilidad de LiHO están directamente vinculados a la infraestructura de servidores utilizada. Cualquier falla o limitación en los servidores puede afectar la experiencia del usuario.

Oportunidades

Creación de una comunidad activa: LiHO tiene el potencial de atraer a una comunidad activa de usuarios y colaboradores que contribuyan al desarrollo y mejora continua de la plataforma.

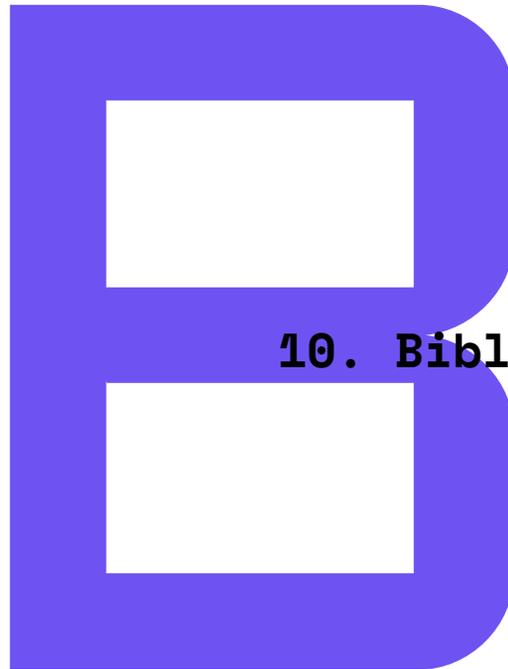
Integración con otras herramientas y plataformas: LiHO podría buscar oportunidades de integración con otras herramientas y plataformas utilizadas en la comunidad científica, lo que aumentaría su utilidad y alcance.

Personalización y extensibilidad: LiHO podría explorar la posibilidad de ofrecer opciones de personalización y extensibilidad para adaptarse a las necesidades específicas de diferentes campos científicos.

Amenazas

Costos asociados a la seguridad: Mantener una infraestructura de servidores segura puede requerir una inversión significativa en términos de recursos financieros y técnicos. Los gastos relacionados con la implementación y actualización de medidas de seguridad pueden ser una carga financiera para LiHO, especialmente si se producen amenazas de seguridad importantes.

Cambios en los estándares y tecnologías de las dependencias: El proyecto debe mantenerse actualizado y adaptarse a los cambios en los estándares y tecnologías de las dependencias utilizadas.



10. Bibliografía

Personas entrevistadas

De la Iglesia, R. (11 de abril de 2022). Entrevista sobre la investigación en ciencias biológicas. [Comunicación personal].

De la Iglesia, R. (20 de mayo de 2022). Entrevista sobre el prototipo 0. [Comunicación personal].

De la Iglesia, R. (8 de junio de 2022). Entrevista sobre los avances del proyecto [Comunicación personal].

De la Iglesia, R. (15 de marzo de 2023). Avances en el prototipo 1 [Comunicación personal].

De la Iglesia, R. (11 de abril de 2023). Avances en el prototipo 3 [Comunicación personal].

Cortez, F. (18 de abril de 2023). Avances en el prototipo 4 [Comunicación personal].

De la Iglesia, R. (21 de abril de 2023). Avances en el prototipo 5 [Comunicación personal].

Valdivieso, H. (21 de abril de 2023). Avances en el prototipo 5 [Comunicación personal].

Merino, L. (27 de abril de 2023). Avances en el prototipo 6 [Comunicación personal].

Bascuñán, V. (10 de julio de 2023). Avances en el Prototipo 9 [Comunicación personal].

Referencias Bibliográficas

- Albers, J. (1963). *Interaction of color*. Yale University Press.
- Amar, R., Eagan, J., & Stasko, J. (2005). Low-level components of analytic activity in information visualization. 111–117.
- Anderson, C. (2008). The end of theory: The data deluge makes the scientific method obsolete. *Wired Magazine*, 16(7), 16–07.
- Anscombe, F. J. (1973). Graphs in Statistical Analysis. *The American Statistician*, 27(1), 17–21. <https://doi.org/10.1080/00031305.1973.10478966>
- Arnheim, R. (2007). *Arte y percepción visual*. Alianza editorial.
- Ayala Pezzutti, R. J., Laurente Cárdenas, C. M., Escuzza Mesías, C. D., Núñez Lira, L. A., & Díaz Dumont, J. R. (2020). Mundos virtuales y el aprendizaje inmersivo en educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 8(1). <https://doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.430>
- Balazka, D., & Rodighiero, D. (2020). Big Data and the Little Big Bang: An Epistemological (R)evolution. *Frontiers in Big Data*, 3, 31. <https://doi.org/10.3389/fdata.2020.00031>
- Bamforth, I. (2011). Edward R Tufte – the 'Information Man': A profile of America's leading proponent of effective strategies for seeing and showing. *British Journal of General Practice*, 61(593), 737–740. <https://doi.org/10.3399/bjgp11X613179>
- Bello-Organ, G., Jung, J. J., & Camacho, D. (2016). Social big data: Recent achievements and new challenges. *Information Fusion*, 28, 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2015.08.005>
- Bentley, T. (2013). Megaliths by a polymath. *The American Scholar*, 82(3), 10. Gale Academic OneFile.
- Bergemann, D., & Morris, S. (2019). Information Design: A Unified Perspective. *Journal of Economic Literature*, 57(1), 44–95. <https://doi.org/10.1257/jel.20181489>
- Berisha, B., & Mëziu, E. (2021). Big Data Analytics in Cloud Computing: An overview. <https://doi.org/10.13140/RC.2.2.26606.95048>
- Blachowicz, J. (2020). How Science Textbooks Treat Scientific Method: A Philosopher's Perspective. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 60. <https://doi.org/10.1093/bjps/axp011>
- Bollier, D., & Firestone, C. M. (2010). *The promise and peril of big data*. Aspen Institute, Communications and Society Program Washington, DC.
- Brazina, D., Fojtik, R., & Rombova, Z. (2014). 3D Visualization in Teaching Anatomy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 367–371. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.496>
- Buchanan, R. (1992). *Wicked Problems in Design Thinking*. *Design Issues*, 8(2), 5. <https://doi.org/10.2307/1511637>
- Bunge, M. (2018). *La ciencia: Su método y su filosofía* (Vol. 1). Laetoli.
- Burdick, A. (Ed.). (2012). *Digital humanities*. MIT Press.
- Cairo, A. (2012). *The Functional Art: An introduction to information graphics and visualization*. New Riders.
- Ceccarini, C., Mirri, S., Salomoni, P., & Prandi, C. (2021). On exploiting Data Visualization and IoT for Increasing Sustainability and Safety in a Smart Campus. *Mobile Networks and Applications*, 26(5), 2066–2075. <https://doi.org/10.1007/s11036-021-01742-4>
- Chang, M. (2016). *Principles of Scientific Methods* (0 ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/b17167>
- Cooper, R. J., Schrieger, D. L., & Close, R. J. H. (2002). Graphical literacy: The quality of graphs in a large-circulation journal. *Annals of Emergency Medicine*, 40(3), 317–322. <https://doi.org/10.1067/mem.2002.127327>
- Cumsille, A., Durán, R. E., Rodríguez-Delherbe, A., Saona-Urmeneta, V., Cámara, B., Seeger, M., Araya, M., Jara, N., & Buil-Aranda, C. (2023). GenoVi, an open-source automated circular genome visualizer for bacteria and archaea. *PLOS Computational Biology*, 19(4), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010998>
- Davis, B. M. (2010). *Creativity & Innovation in Business 2010 Teaching the Application of Design Thinking to Business*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(4), 6532–6538. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.062>
- De la Iglesia, R. (2022). [Entrevista Personal].
- Decap, V. (2020). *Microbiología Marina y Diseño: Un resultado fascinante*. <https://www.youtube.com/watch?v=M5qhWSkVPGM>
- Diccionario de Oxford Languages. (n.d.). Software.
- Ding, Y. (2016). Data-driven Discovery: A New Era of Exploiting the Literature and Data. *Journal of Data and Information Science*, 1, 1–9. <https://doi.org/10.20309/jdis.201622>
- Ding, Y., Liu, X., Guo, C., & Cronin, B. (2013). The distribution of references across texts: Some implications for citation analysis. *Journal of Informetrics*, 7(3), 583–592. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2013.03.003>
- Dirección de Comunicaciones. (2018). ¿Cómo ser una mejor universidad?
- Dix, A. (2007). *Designing for appropriation*. 1–4.
- Dondis, D. A. (2010). *La sintaxis de la imagen: Introducción al alfabeto visual*.
- Dorst, K. (2011). The core of 'design thinking' and its application. *Design Studies*, 32(6), 521–532. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006>
- Durrant, J. D. (2019). BlendMol: Advanced macromolecular visualization in Blender. *Bioinformatics*, 35(13), 2323–2325. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty968>
- Dyche, J. (2012). Big data 'Eureka!' don't just happen. *Harvard Business Review Blog*. http://blogs.hbr.org/cs/2012/11/eureka_doesnt_just_happen.html
- Evans, J. St. B. T. (2003). In two minds: Dual-process accounts of reasoning. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 454–459. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.08.012>
- Feinberg, E. L., & Cooper, J. A. (2021). *Art in the Science Dominated World: Science, Logic and Art* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315074795>
- Ferster, B. (2013). *Interactive visualization: Insight through inquiry*. MIT Press.
- Garretón, M. (2014). Information visualization as a tool for access data collections. The case of Mira Santiago. <https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/46726/La%20visualizacio%CC%81n%20de%20informacio%CC%81n%20como%20herramienta%20para%20acceder%20a%20colecciones%20de%20datos.%20El%20ocaso%20de%20Mira%20Santiago.pdf?sequence=1>
- Gilbert, J. A., Jansson, J. K., & Knight, R. (2014). The Earth Microbiome project: Successes and aspirations. *BMC Biology*, 12, 1–4.
- Glen, R., Suci, C., Baughn, C. C., & Anson, R. (2015). Teaching design thinking in business schools. *The International Journal of Management Education*, 13(2), 182–192. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2015.05.001>
- Gonzalez-Redin, J., Luque, S., Poggio, L., Smith, R., & Gimona, A. (2016). Spatial Bayesian belief networks as a planning decision tool for mapping ecosystem services trade-offs on forested landscapes. *Environmental Research*, 144, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.11.009>
- Gower, B. (1997). *Scientific method: An historical and philosophical introduction*. Routledge.
- Handelsman, J., Rondon, M. R., Brady, S. F., Clardy, J., & Goodman, R. M. (1998). Molecular biological access to the chemistry of unknown soil microbes: A new frontier for natural products. *Chemistry & Biology*, 5(10), R245–R249.
- Hansen, C. D., Chen, M., Johnson, C. R., Kaufman, A. E., & Hagen, H. (Eds.). (2014). *Scientific Visualization: Uncertainty,*

- Multifield, Biomedical, and Scalable Visualization. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6497-5>
- Heer, J., & Shneiderman, B. (2012). Interactive dynamics for visual analysis. *Communications of the ACM*, 55(4), 45–54.
- Hullman, J., & Diakopoulos, N. (2011). Visualization rhetoric: Framing effects in narrative visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 2231–2240.
- Johnson, G. T., & Hertig, S. (2014). A guide to the visual analysis and communication of biomolecular structural data. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 15(10), 690–698. <https://doi.org/10.1038/nrm3874>
- Kaisler, S., Armour, F., Espinosa, J., & Money, W. (2013). Big Data: Issues and Challenges Moving Forward. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (p. 1004). <https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.645>
- Keim, D. A., Mansmann, F., Schneidewind, J., Thomas, J., & Ziegler, H. (2008). Visual Analytics: Scope and Challenges. In S. J. Simoff, M. H. Böhlen, & A. Mazeika (Eds.), *Visual Data Mining* (Vol. 4404, pp. 76–90). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-71080-6_6
- Kelling, S., Hochachka, W. M., Fink, D., Riedewald, M., Caruana, R., Ballard, G., & Hooker, G. (2009). Data-intensive Science: A New Paradigm for Biodiversity Studies. *BioScience*, 59(7), 613–620. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.7.12>
- King, D. (2016). The Godfather of Data Visualisation. Medium. <https://everybodyknows.com.au/the-godfather-of-data-visualisation-9c74e8aa539c>
- Kitchin, R. (2014). Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. *Big Data & Society*, 1(1), 205395171452848. <https://doi.org/10.1177/2053951714528481>
- Koffka, K. (1962). *Principles of Gestalt psychology* (Vol. 44). routledge.
- Köhler, W. (1967). *Gestalt psychology*. *Psychologische Forschung*, 31(1), XVIII–XXX.
- Kosslyn, S. M. (2006). *Graph design for the eye and mind*. OUP USA.
- Kuhn, T. S. (2019). La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de cultura económica.
- Landau, B., & Lakusta, L. (2009). Spatial representation across species: Geometry, language, and maps. *Current Opinion in Neurobiology*, 19(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2009.02.001>
- Lazer, D., Kennedy, R., King, G., & Vespignani, A. (2014). Google Flu Trends Still Appears Sick: An Evaluation of the 2013–2014 Flu Season. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2408560>
- Lee, J., Kang, Y., Shin, S. C., Park, H., & Lee, H. (2014). Combined Analysis of the Chloroplast Genome and Transcriptome of the Antarctic Vascular Plant *Deschampsia antarctica* Desv. *PLoS ONE*, 9(3), e92501. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092501>
- Leighton, J. P., & Sternberg, R. J. (2004). *The nature of reasoning*. Cambridge University Press.
- Li Shang Ly, S., G Saade, R., & Morin, D. (2017). Immersive Learning: Using a Web-Based Learning Tool in a PhD Course to Enhance the Learning Experience. *Journal of Information Technology Education: Research*, 16, 227–246. <https://doi.org/10.28945/3732>
- Lizarralde, F. (2017). Entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje. *TE & ET: Revista Iberoamericana de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología*, 19, 99.
- Lupton, E. (2004). *Thinking with type: A critical guide for designers, writers, editors, & students*. Chronicle Books.
- Maeda, J., & Antonelli, P. (2001). *Design by numbers* (1. paperback ed). MIT Press.
- Malone, T., Laubacher, R., & Johns, T. (2011). The age of hyper-specialization. *Harvard Business Review*, 89, 56–65.
- Masnick, A. M., & Morris, B. J. (2022). A Model of Scientific Data Reasoning. *Education Sciences*, 12(2), 71. <https://doi.org/10.3390/educsci12020071>
- Mattson, M. P. (2014). Superior pattern processing is the essence of the evolved human brain. *Frontiers in Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00265>
- Mazzocchi, F. (2015). Could Big Data be the end of theory in science?: A few remarks on the epistemology of data-driven science. *EMBO Reports*, 16(10), 1250–1255. <https://doi.org/10.15252/embr.201541001>
- Meinel, C., & Leifer, L. J. (2011). *Design thinking: Understand - improve - apply*. Springer.
- Munzner, T. (2014). *Visualization analysis and design*. CRC press.
- Nightingale, F. (1858). Diagram of the causes of mortality in the army in the east. Public Domain. Retrieved February, 21, 2015.
- Nightingale, F. (1987). Notes on matters affecting the health, efficiency, and hospital administration of the British army: Founded chiefly on the experience of the late war. Harrison and Sons, St. Martin's Lane, WC.
- Norman, D. A. (2002). *The Design of Everyday Things*. Basic Books, Inc.
- Ondov, B. D., Bergman, N. H., & Phillippy, A. M. (2011). Interactive metagenomic visualization in a Web browser. *BMC Bioinformatics*, 12(1), 1–10.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Oviedo, G. L. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, 18, 89–96.
- Pavlopoulos, G. A., Malliarakis, D., Papanikolaou, N., Theodosiou, T., Enright, A. J., & Iliopoulos, I. (2015). Visualizing genome and systems biology: Technologies, tools, implementation techniques and trends, past, present and future. *GigaScience*, 4(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s13742-015-0077-2>
- Pawłowski, J., Majchrowska, S., & Golan, T. (2022). Generation of microbial colonies dataset with deep learning style transfer. *Scientific Reports*, 12(1), 5212. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09264-z>
- Peng, H., Ruan, Z., Long, F., Simpson, J. H., & Myers, E. W. (2010). V3D enables real-time 3D visualization and quantitative analysis of large-scale biological image data sets. *Nature Biotechnology*, 28(4), 348–353. <https://doi.org/10.1038/nbt.1612>
- Philipsen, L., & Kjærgaard, R. S. (2018). The aesthetics of scientific data representation: More than pretty pictures.
- Picotti, P., Bodenmiller, B., & Aebersold, R. (2013). Proteomics meets the scientific method. *Nature Methods*, 10(1), 24–27. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2291>
- Plattner, H., Meinel, C., & Leifer, L. (Eds.). (2018). *Design Thinking Research: Making Distinctions: Collaboration versus Cooperation*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60967-6>
- Playfair, W. (1786). *The Commercial and Political Atlas*.
- Playfair, W. (1805). *An Inquiry Into the Permanent Causes of the Decline and Fall of Powerful and Wealthy Nations*. Greenland & Norris. <https://books.google.cl/books?id=MLvIAAAAMAAJ>
- Ponsero, A. J., Bomhoff, M., Blumberg, K., Youens-Clark, K., Herz, N. M., Wood-Charlson, E. M., DeLong, E. F., & Hurwitz, B. L. (2021). Planet Microbe: A platform for marine microbiology to discover and analyze interconnected ‘omics and environmental data. *Nucleic Acids Research*, 49(D1), D792–D802. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa637>
- Premsky, M. (2009). *H. Sapiens Digital: From Digital Immi-*

- grants and Digital Natives to Digital Wisdom. <https://www.learnlib.org/p/104264/>.
- Rahman, S. M. M., Howlader, T., & Hatzinakos, D. (2019). Orthogonal Image Moments for Human-Centric Visual Pattern Recognition. In S. M. M. Rahman, T. Howlader, & D. Hatzinakos, Orthogonal Image Moments for Human-Centric Visual Pattern Recognition (pp. 1–17). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9945-0_1
- Rand, P. (1985). Paul Rand: A designer's art. Yale University Press.
- Real Academia Española. (2023). Diccionario de la lengua española.
- Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B., Jung, M., Denzler, J., & Carvalhais, N. (2019). Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. *Nature*, 566(7743), 195–204.
- Richardson, A. (2016). Data-driven graphic design: Creative coding for visual communication. Fairchild Books, an imprint of Bloombury Publishing Plc.
- Roche, R. A., Farina, F. R., & Commins, S. (2018). *Why Science Needs Art: From Historical to Modern Day Perspectives* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315660745>
- Rodríguez, A. (2019). La revolución de los datos: Académicos e investigadores se abren camino ante un cambio de paradigma. Foro Chile - Italia 2019. <https://www.uchile.cl/noticias/154084/la-revolucion-de-los-datos-un-cambio-de-paradigma#>;
- Sardet, C. (2015). Plankton: Wonders of the Drifting World. *Science*, 348(6237), 870–870. <https://doi.org/10.1126/science.aac4683>
- Savage, M., & Burrows, R. (2007). The Coming Crisis of Empirical Sociology. *Sociology*, 41(5), 885–899. <https://doi.org/10.1177/0038038507080443>
- Schriger, D. L., Sinha, R., Schroter, S., Liu, P. Y., & Altman, D. G. (2006). From Submission to Publication: A Retrospective Review of the Tables and Figures in a Cohort of Randomized Controlled Trials Submitted to the British Medical Journal. *Annals of Emergency Medicine*, 48(6), 750–756.e21. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2006.06.017>
- Schwab, K. (2016). La cuarta revolución industrial. Debate.
- Segel, E., & Heer, J. (2010). Narrative visualization: Telling stories with data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 16(6), 1139–1148.
- Silén, D. C., Wirell, S., Kvist, J., Nylander, E., & Smedby, Ö. (2008). Advanced 3D visualization in student-centred medical education. *Medical Teacher*, 30(5), e115–e124. <https://doi.org/10.1080/01421590801932228>
- Stefaner, M. (2013). New challenges for Data Design [Interview]. <https://truth-and-beauty.net/appearances/in-the-media/new-challenges-for-data-design>
- Sunagawa, S., Coelho, L. P., Chaffron, S., Kultima, J. R., Labadie, K., Salazar, G., Djahanschiri, B., Zeller, G., Mende, D. R., Alberti, A., Cornejo-Castillo, F. M., Costea, P. I., Cruaud, C., d'Ovidio, F., Engelen, S., Ferrera, I., Gasol, J. M., Guidi, L., Hildebrand, F., ... Velayoudon, D. (2015). Structure and function of the global ocean microbiome. *Science*, 348(6237), 1261359. <https://doi.org/10.1126/science.1261359>
- Times, T. N. Y. (1998). The da Vinci of Data. The New York Times. <https://www.nytimes.com/1998/03/30/business/the-da-vinci-of-data.html>
- Torrecilla, J. L., & Romo, J. (2018). Data learning from big data. *Statistics & Probability Letters*, 136, 15–19. <https://doi.org/10.1016/j.spl.2018.02.038>
- Trabucchi, D., & Buganza, T. (2019). Data-driven innovation: Switching the perspective on Big Data. *European Journal of Innovation Management*, 22(1), 23–40. <https://doi.org/10.1108/EJIM-01-2018-0017>
- Tufte, E. R. (1990). *Envisioning information*. Optometry and Vision Science, 68(4), 322–324.
- Tufte, E. R. (1997). *Visual and statistical thinking: Displays of evidence for making decisions* (Vol. 12). Graphics Press Cheshire, CT.
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd ed). Graphics Press.
- van Helden, P. (2013). Data-driven hypotheses. *EMBO Reports*, 14(2), 104–104. <https://doi.org/10.1038/embor.2012.207>
- Wang, Y., Sheng, H.-F., He, Y., Wu, J.-Y., Jiang, Y.-X., Tam, N. F.-Y., & Zhou, H.-W. (2012). Comparison of the levels of bacterial diversity in freshwater, intertidal wetland, and marine sediments by using millions of illumina tags. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(23), 8264–8271.
- Ware, C. (2000). *Information visualization: Perception for design*. Morgan Kaufmann.
- Ware, C. (2010). *Visual thinking for design*. Elsevier.
- Weber, W., & Rall, H. (2012). Data Visualization in Online Journalism and Its Implications for the Production Process. 2012 16th International Conference on Information Visualisation, 349–356. <https://doi.org/10.1109/IV.2012.65>
- Weinreb, C., Wolock, S., & Klein, A. M. (2018). SPRING: A kinetic interface for visualizing high dimensional single-cell expression data. *Bioinformatics*, 34(7), 1246–1248. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btx792>
- Weissgerber, T. L., Milic, N. M., Winham, S. J., & Garovic, V. D. (2015). Beyond Bar and Line Graphs: Time for a New Data Presentation Paradigm. *PLOS Biology*, 13(4), e1002128. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002128>
- Wen, X., Zhu, X., Yu, R., Xiong, J., Gao, D., Jiang, Y., & Yang, G. (2019). Visualization of Chlorophyll Content Distribution in Apple Leaves Based on Hyperspectral Imaging Technology. *Agricultural Sciences*, 10(06), 783–795. <https://doi.org/10.4236/as.2019.106060>
- Wertheimer, M. (1912). Experimentelle studien uber das sehen von bewegung. *Zeitschrift Fur Psychologie*, 61, 161–165.
- Yau, N. (2015). *Visualize This: The FlowingData Guide to Design, Visualization, and Statistics*. Wiley Publishing, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118722213>

Figuras

[Fig 1] Turner, P (2019). The Phases of the Scientific Method, [Imagen]. Recuperado de [https://towardsdatascience.com/a-data-scientific-method-80caa190dbd4].

[Fig 2] Turner, P (2019). The Gaussian Data Scientific Method, [Imagen]. Recuperado de [https://towardsdatascience.com/a-data-scientific-method-80caa190dbd4].

[Fig 3] Seagate & IDC. (2018). Data Age 2025, [Imagen]. Patrocinado por Seagate con datos de IDC Global DataSphere. Recuperado de [https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf].

[Fig 4 y Fig 5] Facultad de Ciencias Biológicas UC. (2020). Estudiantes retoman trabajo práctico y se espera apertura de laboratorios en San Joaquín, [Imagen]. Recuperado de [https://biologia.uc.cl/estudiantes-retoman-trabajo-practico-y-se-espera-apertura-de-laboratorios-en-san-joaquin].

[Fig 6] Elaboración Propia (2023). Interacciones Críticas [Imagen].

[Fig 7 y Fig 8] Elaboración Propia (2023). Prototipo O [Imagen].

[Fig 9] Cumsille, A., Durán, R. E., Rodríguez-Delherbe, A., Saona-Urmeneta, V., Cámara, B., Seeger, M., Araya, M., Jara, N., & Buil-Aranda, C. (2023). Parabruckholderia terrae KU-15 visualization and analysis by GenoVi allows its replicon classification, [Imagen]. Recuperado de [https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010998.g006].

[Fig 10] Cumsille, A., Durán, R. E., Rodríguez-Delherbe, A., Saona-Urmeneta, V., Cámara, B., Seeger, M., Araya, M., Jara, N., & Buil-Aranda, C. (2023). Application of GenoVi using a draft or complete bacterial genome., [Imagen]. Recuperado de [https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010998.g002].

[Fig 11] Cuarteto de Anscombe, elaboración propia (2023).

[Fig 12] Sin autor. (2023). Blue Periodic Table of Elements, [Imagen]. Recuperado de [https://www.pxfuel.com/en/desktop-wallpaper-vqwg0].

[Fig 13] Mattson, M. P. (2014). Superior pattern processing is the essence of the evolved human brain, [Imagen] Recuperado de [https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00265]

[Fig 14] Nightingale, F (1858). Diagram of the Causes of Mortality in the Army of the East, [Imagen] Recuperado de [https://www.maharam.com/stories/sherlock_florence-nightingales-rose-diagram]

[Fig 15] Playfair, W (1786). Time Series of Exports and Imports of Denmark and Norway, [Imagen] Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/William_Playfair#/media/Archivo:Playfair_TimeSeries-2.png]

[Fig 16] Tufte, E (1955). Beautiful Evidence, [Imagen] Recuperado de [https://www.oregonlive.com/news/oregonian/steve_duin/2011/06/edward_tufte_the_master_of_gra.html]

[Fig 17] Villar, E., Vannier, T., Vernet, C., Lescot, M., Alexandre, A., Bachelier, P., Rosnet, T., Pelletier, E., Sunagawa, S., & Hingamp, P. (2018). The Ocean Gene Atlas: Exploring the biogeography of plankton genes online [Imagen]. Recuperado de [https://doi.org/10.1101/271882].

[Fig 18] Wu, Y., Jiao, N., Zhu, R. et al (2021). Identification of microbial markers across populations in early detection of colorectal cancer, [Imagen]. Recuperado de [https://www.nature.com/articles/s41467-021-23265-y]

[Fig 19] Cook, K (2021). Sin nombre, [Imagen]. Recuperado de [https://lithub.com/how-legendary-physicist-richard-feynman-helped-crack-the-case-on-the-challenger-disaster/]

[Fig 20] Elaboración Propia (2023). Paradigma de Kuhn [Imagen].

[Fig 21] Maeda, J (1994). Time Paint software for Macintosh, [Imagen]. Recuperado de [https://www.nttic.or.jp/en/feature/2001/Post_Digital/Works/time_paint.html]

[Fig 22] Elaboración Propia (2023). Tutorial LIHO Software [Imagen]. Recuperado de [https://elisahonorato.github.io/tutorial]

[Fig 23] Elaboración Propia (2023). Data a Utilizar [Imagen].

[Fig 24] Elaboración Propia (2023). 3D Vis [Imagen].

[Fig 25] Yehuala, F. S., & Wang, Y. (2022). The what and how-to of RAWGraphs [Imagen]. Nerd For Tech. Recuperado de [https://medium.com/nerd-for-tech/rawgraphs-a-free-and-open-source-tool-for-data-visualization-b79e337d750a]

[Fig 26] Mukherjee, T (2018). Using D3.js [Imagen]. Recuperado de [https://www.linkedin.com/pulse/using-d3js-tilak-mukherjee/]

[Fig 27] Moffitt, C (2020). Taking Another Look at Plotly [Imagen]. Recuperado de [https://pbpython.com/plotly-look.html]

[Fig 28] Sharkcoder (2016). Matplotlib: Bidirectional Bar Chart [Imagen]. Recuperado de [https://sharkcoder.com/data-visualization/mpl-bidirectional]

[Fig 29] OriginLab (2023). Origin and OriginPro [Imagen]. Recuperado de [https://www.originlab.com/origin]

[Fig 30] Flowjo(2023). Pseudocolor Plots [Imagen]. Recuperado de [https://docs.flowjo.com/flowjo/graphs-and-gating/data-visualization-and-display/pseudocolor-plots/]

[Fig 31] Schaffer, J (2017). Visualizing Your Data with Python and Loggly [Imagen]. Recuperado de [https://www.loggly.com/blog/visualizing-data-python-loggly/]

[Fig 32] Yau, N (2016). How You Will Die [Imagen]. Recuperado de [https://flowingdata.com/2016/01/19/how-you-will-die/]

[Fig 33] Active Theroy (2018). NASA JPL: Open Source Rover [Imagen]. Recuperado de [https://opensource.rover.jpl.nasa.gov/#!/home]

[Fig 34] Active Theroy (2019). Thorne: The Frontier Within [Imagen]. Recuperado de [https://frontierwithin.thorne.com/]

[Fig 35] Beshai, P (2019). Visualizing Toxicity in Twitter Conversations [Imagen]. Recuperado de [https://medium.com/cortico/visualizing-toxicity-in-twitter-conversations-3cd-336e5db81]

[Fig 36] Fiverr. (2023). Blender [Imagen]. Recuperado de [https://www.fiverr.com/search/gigs?query=blender&source=main_banner&ref_ctx_id=9de03f298927135738dfdbaed-016418d&search_in=everywhere&search-autocomplete-original-term=blender]

[Fig 37] Elaboración Propia (2022). Colorful Corals [Imagen]. Recuperado de [https://elisahonorato.github.io/three.js_experimentacion/]

[Fig 38] Elaboración Propia (2023). Requisitos [Imagen].

[Fig 39] Elaboración Propia (2023). Arquitectura [Imagen].

[Fig 40] Elaboración Propia (2023). Modelos [Imagen].

[Fig 41] Board (2023). Multithreading in Python [Imagen]. Recuperado de [<https://www.boardinfinity.com/blog/multithreading-in-python/>]

[Fig 42] Elaboración Propia (2023). Design System [Imagen].

[Fig 43] Github (2023). Contributions to main, excluding merge commits and bot accounts [Imagen]. Recuperado de [<https://github.com/elisahonorato/liho/graphs/contributors>]

[Fig 44] Elaboración Propia (2023). Prototipo 1 [Imagen].

[Fig 45] Elaboración Propia (2023). Prototipo 2 [Imagen].

[Fig 46] Elaboración Propia (2023). Prototipo 3 [Imagen].

[Fig 47] Elaboración Propia (2023). Prototipo 3 Dict [Imagen].

[Fig 48] Elaboración Propia (2023). Prototipo 3 Análisis Individual [Imagen].

[Fig 49] Elaboración Propia (2023). Prototipo 4 [Imagen].

[Fig 50] Elaboración Propia (2023). Prototipo 5 [Imagen].

[Fig 51] Brewer, C., Harrower, M., & The Pennsylvania State University (2020). Figure of Color Brewer [Imagen]. Recuperado de [<https://colorbrewer2.org/#type=sequential&scheme=BuGn&n=3>].

[Fig 52] Elaboración Propia (2023). Paleta de Colores 1 [Imagen].

[Fig 53] Elaboración Propia (2023). Paleta de Colores 2 [Imagen].

[Fig 54] Elaboración Propia (2023). Paleta de Colores 3 [Imagen].

[Fig 55] Elaboración Propia (2023). Paleta de Colores 4 [Imagen].

[Fig 56] Elaboración Propia (2023). Prototipo 6 [Imagen].

[Fig 57] Elaboración Propia (2023). React Hooks [Imagen].

[Fig 58] Elaboración Propia (2023). Calculo en Python Figuras Geométricas [Imagen].

[Fig 59] Elaboración Propia (2023). Prototipo 7 [Imagen].

[Fig 60] Elaboración Propia (2023). Leyes de la Gestalt en LIHO [Imagen]. Recuperado de [<https://elisahonorato.github.io>]

[Fig 61] Elaboración Propia (2023). Prototipo 8 [Imagen].

[Fig 62] Elaboración Propia (2023). Renderizado Prototipo 8 [Imagen].

[Fig 63] Render (2023). Renderizado en Render [Imagen]. Recuperado de [Render.com](https://render.com)

[Fig 64] Elaboración Propia (2023). Renderizado Prototipo 8 [Imagen]. Recuperado de [<https://elisahonorato.github.io/>]

[Fig 65] Elaboración Propia (2023). Potencialidades del Prototipo 9 [Imagen].

[Fig 65] Leonardo MIT Press (2023). Leonardo [Imagen]. Recuperado de [<https://leonardo.info/leonardo>]

Anexos

Honorato, E. (2023). Código del Proyecto [Código de software]. GitHub. <https://github.com/elisahonorato/liho>

Elisahonorato.github.io. (s.f.). Liho [Plataforma Web]. Recuperado de [<https://elisahonorato.github.io/liho/>]