



**Universidad del Desarrollo**  
Facultad de Ingeniería

CLASIFICACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE FUENTES NO IDENTIFICADAS EN  
EL CATÁLOGO FERMI LAT 14-YEAR POINT SOURCE

Representación interactiva de la distribución y características de las fuentes de rayos Gamma detectadas por el telescopio Fermi en una visualización planetaria para facilitar el análisis y el descubrimiento de patrones por parte de los astrofísicos e investigadores del espacio.

POR: SERGIO FERNANDO ANGULO CÁCERES

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Desarrollo para optar al grado académico de Magíster en Data Science

PROFESOR GUÍA:

Dr. GERMAN ARTURO GOMEZ

Diciembre 2024  
SANTIAGO DE CHILE

Para Pedro, Amanda e Isabel,  
Ustedes son mi cielo en la Tierra.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. Germán Arturo Gómez quien me ha guiado en este proceso proporcionando un marco de trabajo y foco en lo importante.

Agradezco profundamente la colaboración de Isabel Urrutia Avendaño en el desarrollo del sitio web de este trabajo, su guía, dedicación y tiempo, permitieron que este proyecto se convirtiera en un producto de datos.

Agradezco a mis hijos Amanda y Pedro que pese a su corta edad, me ayudaron dándome tiempo para poder terminar este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>TRABAJO RELACIONADO .....</b>	<b>6</b>
VISUALIZACIÓN DE DATOS EN ASTRONOMÍA .....	6
ASTRONOMÍA DE RAYOS GAMMA Y SU IMPORTANCIA.....	7
FUNCIONAMIENTO DEL TELESCOPIO ESPACIAL FERMI.....	8
<i>Gamma-ray Burst Monitor (GBM)</i> .....	9
<i>Large Area Telescope (LAT)</i> .....	9
EL CATÁLOGO FERMI LAT DR4 (14 AÑOS).....	10
1. <i>Púlsares</i> .....	11
2. <i>Remanentes de Supernova (SNR)</i> .....	11
3. <i>Núcleos Galácticos Activos (AGN)</i> .....	11
4. <i>Estallidos de Rayos Gamma (GRB)</i> .....	11
5. <i>Galaxias de Starburst (SBG)</i> .....	12
6. <i>Sistemas Binarios de Rayos Gamma</i> .....	12
7. <i>Sistemas Solares</i> .....	12
8. <i>Fuentes Galácticas</i> .....	12
9. <i>Agujeros Negros Supermasivos (AGN)</i> .....	12
10. <i>Fuentes No Identificadas (UNID: Unidentified)</i> .....	13
11. <i>Fuentes Extendidas</i> .....	13
12. <i>Fuentes Extragalácticas</i> .....	13
13. <i>Aceleradores de Partículas Cósmicas (ACC)</i> .....	13
14. <i>Ondas de Choque Interestelares (SNR o shock wave)</i> .....	13
15. <i>Emisión Difusa del Fondo Galáctico (DIF)</i> .....	14
16. <i>Materias Oscuras (Hipotéticas) (DM)</i> .....	14

17. <i>Nebulosas Circunestelares (CEN: Circumstellar Nebula)</i> .....	14
ESTRUCTURA DEL CATÁLOGO .....	14
DESAFÍOS DE VISUALIZACIÓN DE RAYOS GAMMA .....	15
AVANCES CONTEMPORÁNEOS EN VISUALIZACIÓN INTERACTIVA .....	16
HACIA LA INTEGRACIÓN DE DATOS Y LA INTERACTIVIDAD AVANZADA .....	17
<b>HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
HIPÓTESIS .....	18
OBJETIVO GENERAL: .....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	18
<b>DATOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
IDENTIFICACIÓN DEL GRUPO OBJETIVO.....	19
CARACTERIZACIÓN DE LAS NECESIDADES: ENCUESTAS Y PERFILES EXTRAÍDOS DEL CSV .....	20
INSTRUMENTO DE ENCUESTA: DISEÑO, APLICACIÓN Y RESULTADOS.....	46
<i>Diseño de la visualización</i> .....	46
DATOS.....	48
DATOS DEL CATÁLOGO FERMI LAT DR4 .....	49
DATOS ESTELARES (CATÁLOGO HYG) .....	50
DATOS PERSONALIZADOS DEL USUARIO (CSV) .....	53
RELEVANCIA Y COMBINACIÓN DE LAS FUENTES .....	54
LIMPIEZA, NORMALIZACIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS .....	56
<i>Ingesta de Datos en Distintos Formatos</i> .....	56
<i>Verificación de Calidad de Datos</i> .....	57
<i>Limpieza Específica para Cada Fuente</i> .....	59
<i>Normalización y Unificación de Coordenadas</i> .....	60
<i>Estandarización de Variables para Visualización</i> .....	60
<i>Estandarización del Formato Interno</i> .....	61

<i>Documentación y Registro del Proceso</i> .....	61
DISEÑO DE LA VISUALIZACIÓN Y FLUJO DE TRABAJO .....	62
<i>Adopción del Modelo Anidado de Munzner</i> .....	62
<i>Elección de Visualización Esférica</i> .....	64
<i>Interacción y Usabilidad</i> .....	65
<i>Integración de Datos Personalizados</i> .....	65
<i>Herramientas Software Empleadas</i> .....	66
<i>Pipeline Completo desde la Descarga de Datos hasta la Visualización</i> .....	66
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>69</b>
PÁGINA PRINCIPAL .....	69
SUBIR NUEVO ARCHIVO .....	70
MIS ARCHIVOS.....	72
NUEVA VISUALIZACIÓN .....	72
<i>1 Identificación de la visualización</i> .....	73
<i>2. Parámetros Generales</i> .....	73
<i>3 Eventos a visualizar</i> .....	74
<i>4 Detalles</i> .....	76
<i>5 Selección de datos personalizados</i> .....	77
VER VISUALIZACIONES.....	79
BOTÓN “VER” .....	80
DETALLES TÉCNICOS DE LA VISUALIZACIÓN .....	85
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>94</b>
PRINCIPALES LOGROS DEL PROYECTO.....	94
<i>Visualización Planetaria Interactiva</i> :.....	94
<i>Integración de Datos Adicionales</i> :.....	94
<i>Interfaz Web Amigable</i> : .....	95

<i>Flexibilidad y Personalización:</i> .....	95
<i>Aporte al Análisis de Datos Astronómicos:</i> .....	95
<i>Descubrimiento de Patrones Espaciales:</i> .....	95
<i>Apoyo a Hipótesis Multiespectrales:</i> .....	96
<i>Facilitación de la Divulgación y Enseñanza:</i> .....	96
<i>Comparación con Soluciones Existentes</i> .....	96
<i>Perspectivas de Uso e Impacto</i> .....	97
<i>Conexión con el Modelo Anidado de Munzner para realizar el trabajo.</i> .....	97
REVISIÓN DE LA HIPÓTESIS Y LOGRO DE LOS OBJETIVOS .....	98
VALOR AGREGADO A LA INVESTIGACIÓN ASTRONÓMICA.....	100
RELEVANCIA METODOLÓGICA Y TEÓRICA.....	100
LIMITACIONES Y FUTURAS MEJORAS.....	101
CONTRIBUCIÓN AL CAMPO Y USO POTENCIAL .....	104
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>105</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>106</b>
CONSULTA SOBRE GRUPOS OBJETIVO .....	106
ENCUESTA DE NECESIDADES .....	112
<b>INSTRUMENTO DE ENCUESTA PARA ASTROFÍSICOS E INVESTIGADORES DEL ESPACIO SOBRE</b>	
<b>VISUALIZACIÓN DE DATOS DE RAYOS GAMMA (FERMI LAT)</b> .....	<b>112</b>
SECCIÓN 1: PERFIL DEL INVESTIGADOR.....	112
SECCIÓN 2: NECESIDADES DE VISUALIZACIÓN .....	113
SECCIÓN 3: FUNCIONALIDADES ESPECÍFICAS .....	114
SECCIÓN 4: DESAFÍOS ACTUALES Y MEJORAS .....	115
SECCIÓN 5: ACCESIBILIDAD Y LIMITACIONES TECNOLÓGICAS.....	115
SECCIÓN 6: SUGERENCIAS FINALES.....	115

CLASIFICACIÓN POR GRUPOS A PARTIR DE LOS DATOS DE ENCUESTA: ..... 116

## Resumen

La astronomía de altas energías, particularmente el estudio de fuentes de rayos gamma, desempeña un rol central en la comprensión de fenómenos cósmicos extremos. El Telescopio Espacial Fermi, a través de su instrumento LAT (Large Area Telescope), ha proporcionado durante 14 años datos invaluable del cielo en rayos gamma los que han sido consolidados en el catálogo DR4. Este catálogo incluye miles de fuentes distribuidas por todo el cielo, muchas de las cuales corresponden a objetos como púlsares, remanentes de supernova, núcleos galácticos activos y otros fenómenos energéticos. Sin embargo, la complejidad de estos datos plantea grandes desafíos como lo son comprender su distribución espacial, identificar patrones, correlacionar con otros espectros electromagnéticos y como facilitar la interacción con la información por parte de la comunidad interesada en estos fenómenos.

Este trabajo presenta una visualización planetaria interactiva que aborda dichos desafíos, integrando el extenso marco teórico provisto, incluyendo una revisión de la literatura existente sobre visualización de datos astronómicos, el funcionamiento del telescopio Fermi, la naturaleza del catálogo DR4, y los desafíos propios de la astronomía de rayos gamma. Luego, se desarrolla una solución técnica que involucra la adquisición, limpieza, normalización y transformación de datos desde distintos formatos, la conversión de coordenadas, la integración de catálogos adicionales, como el HYG Database para estrellas y datos de constelaciones, y la posibilidad de incorporar datos personalizados. La herramienta resultante es un producto de datos, basada en Python con Flask y Plotly, lo que ofrece un entorno inmersivo en el que el usuario puede navegar por la esfera celeste, filtrar y clasificar tipos de fuentes, integrar información propia, esperando detectar patrones complejos con mayor facilidad. La validación de necesidades se realizó a través de encuestas (simuladas con ChatGPT) y el trabajo se enmarca en el modelo anidado para diseño y validación de visualizaciones de Tamara Munzner.

## Introducción

La astronomía de rayos gamma explora la comprensión de los fenómenos más energéticos del universo, permitiendo caracterizar objetos como púlsares, supernovas y agujeros negros supermasivos, entre otros. El telescopio espacial Fermi, lanzado en 2008, ha permitido mapear el cielo en la frecuencia no visible, proporcionando una gran cantidad de datos sobre la distribución espacial y espectral de las fuentes de rayos gamma provenientes del universo. La interpretación y análisis de estos datos presentan un desafío para los expertos, dado que las fuentes están distribuidas en todo el cielo, y su representación tradicional en dos dimensiones no siempre facilita la comprensión espacial de su distribución y características.

Con la creciente cantidad de datos acumulados por el telescopio Fermi, los investigadores han desarrollado herramientas de visualización que permiten a los astrónomos entender de mejor manera la información, con el fin de facilitar tareas clave como la identificación y clasificación de los fenómenos y la identificación de patrones complejos que podrían relacionar distintos fenómenos astronómicos. Las visualizaciones tradicionales, como las proyecciones cartesianas, son excelentes herramientas para entender qué ocurre, sin embargo, también limitan la capacidad de los expertos para comprender la relación espacial entre las fuentes.

Existen en la actualidad excelentes visualizaciones de las fuentes de Rayos Gamma, por ejemplo: <https://fermi.gsfc.nasa.gov/science/constellations/>. Esta visualización de tipo planetario muestra las fuentes de rayos gamma como una imagen proyectada sobre una

esfera. Sin embargo, no es posible navegar a través de los datos; si bien muestra las estrellas, y algunas constelaciones ficticias, al parecer su pretensión es más bien decorativa. Otra visualización disponible es un video del tipo timelapse que muestra la evolución de los rayos gamma en sus 14 años de exploración solo en 6 minutos (<https://svs.gsfc.nasa.gov/14399>), esta permite entender la dinámica observada en el espectro no visible, pero resulta más complejo comprender qué parte del cielo se está mirando sin otras referencias. Ambas son un gran aporte, pero carecen de interacción que permita revisar con más detalle cada fuente.

En este contexto, surge la inquietud de explorar nuevas formas de visualizar los datos de Fermi, buscando una representación más participativa, intuitiva y envolvente que permita relacionarse de manera más directa con la información de las fuentes. Con la ayuda de inteligencia artificial, se define el grupo objetivo como: “Astrofísicos e investigadores del espacio”. Así, este trabajo propone una visualización planetaria, con datos interactivos y distintas fuentes de datos, para responder a la pregunta guía:

**¿Cómo podemos representar de manera interactiva la distribución y características de las fuentes de rayos gamma detectadas por el telescopio Fermi en una visualización planetaria que facilite el análisis y descubrimiento de patrones por parte de los astrofísicos e investigadores del espacio?**

La motivación expuesta muestra la necesidad de una mejor visualización, más interactiva y amigable que las existentes. La astronomía de altas energías ha producido catálogos masivos, como el del Telescopio Fermi, y estos datos, por su volumen, complejidad y distribución global en el cielo, no siempre se representan de tal manera que preserve su

naturaleza esférica. Una proyección esférica interactiva, que pueda rotar, acercar y filtrar datos, permite a los investigadores “navegar” por el cielo, entendiendo la posición relativa de las fuentes de rayos gamma. Es importante hacer notar que esto no es un solamente un refinamiento estético, sino más bien, puede ser un factor clave para descubrir correlaciones espaciales, clasificar tipos de fuentes y relacionar datos de rayos gamma con otros catálogos astronómicos como fuentes infrarojas, de rayos x, datos estelares, líneas de constelaciones entre otras.

En definitiva, la motivación central se encuentra en la convergencia de varios aspectos: la creciente complejidad de los datos astronómicos, la importancia de la visualización interactiva para el análisis científico, y la convicción de que un entorno visual apropiado acelera y potencia el descubrimiento de nuevos patrones y relaciones en el cosmos.

Entre los desafíos específicos que enfrenta la representación de datos de rayos gamma se encuentran:

1. **Distribución en todo el cielo:** Las fuentes de rayos gamma no se concentran en una región pequeña, sino que se hallan dispersas por la esfera celeste completa. Una visualización 2D tradicional (por ejemplo, una proyección en coordenadas galácticas) distorsiona las relaciones espaciales, específicamente en los bordes y dificulta la percepción intuitiva de la ubicación de las fuentes.
2. **Gran volumen y complejidad de datos:** El telescopio Fermi ha acumulado datos por 14 años y sigue en funcionamiento, resultando en miles de fuentes registradas con distintos tipos, energías, espectros y estados variables. Analizar este gran volumen exige herramientas capaces de filtrar, resaltar y manipular datos de manera dinámica.
3. **Limitaciones de las visualizaciones actuales:** Como se describió antes, las herramientas disponibles (proyecciones estáticas, videos timelapse, archivos de datos) aportan información valiosa, pero carecen de interactividad. Sin esta interactividad, sin posibilidad de explorar manualmente las fuentes, acercarse, superponer datos complementarios, dificulta y limita nuestra capacidad de análisis.
4. **Necesidad de contexto astronómico integrado:** Entender la posición de las fuentes gamma solo adquiere verdadero sentido cuando se les sitúa en un contexto más amplio, comparándolas con el cielo óptico, las líneas de constelaciones conocidas, o agregando

datos personalizados. La ausencia de estas referencias limita el potencial interpretativo de las visualizaciones.

## **Trabajo Relacionado**

La comprensión de fenómenos astronómicos energéticos requiere una base teórica y cierto entendimiento del contexto científico en el que se inscribe el trabajo. La astronomía de rayos gamma, el funcionamiento del Telescopio Espacial Fermi, el contenido y estructura del catálogo Fermi LAT, así como las técnicas y desafíos de visualización de datos astronómicos, conforman la base conceptual sobre la cual se apoya este proyecto.

### **Visualización de datos en astronomía**

La astronomía moderna ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, en gran parte gracias a la gran cantidad de datos generados por telescopios espaciales y terrestres. Uno de los principales desafíos ha sido encontrar formas efectivas de visualizar estos datos para facilitar su análisis. Las visualizaciones en astronomía permiten transformar la complejidad de los datos en imágenes comprensibles, lo que es clave para interpretar fenómenos astronómicos y descubrir patrones.

Goodman (2012) menciona que las técnicas de visualización en astronomía han ido desde representaciones bidimensionales, como gráficos y mapas, hasta proyecciones esféricas y visualizaciones tridimensionales, lo que permite a los científicos explorar relaciones complejas entre los objetos astronómicos. Estos avances han sido esenciales para gestionar datos multidimensionales, como los obtenidos de fuentes de rayos gamma, donde la visualización puede revelar patrones y estructuras que no serían evidentes en tablas o gráficas convencionales.

En el ámbito de la visualización científica, Fluke y Barnes (2008) enfatizan la importancia de las visualizaciones interactivas, que permiten a los investigadores explorar los datos desde diferentes ángulos y escalas. Estas herramientas han demostrado ser efectivas para descubrir correlaciones entre eventos astronómicos y han jugado un rol crucial en la comprensión de fenómenos de alta energía, como las explosiones de supernovas o la actividad de agujeros negros.

### **Astronomía de Rayos Gamma y su Importancia**

La detección y el análisis detallado de rayos gamma desempeñan un papel central en la comprensión de diversos fenómenos clave en la astrofísica actual, especialmente aquellos que no pueden explicarse únicamente mediante procesos térmicos tradicionales. A diferencia de la emisión originada por altas temperaturas, como lo es la radiación producida en el interior de las estrellas, los procesos no térmicos involucran mecanismos mucho más complejos: las partículas pueden ser aceleradas a velocidades cercanas a la de la luz gracias a la presencia de intensos campos magnéticos, ondas de choque o interacciones cuánticas exóticas. Esta clase de fenómenos generan emisiones energéticas que no dependen directamente del calor, sino de la dinámica interna de los sistemas astrofísicos y de las condiciones extremas en las que se encuentran.

A través del estudio de los rayos gamma, los astrofísicos pueden determinar cómo se aceleran las partículas hasta energías relativistas y cómo estos procesos extremos influyen en el entorno cósmico. Además, la radiación gamma constituye una de las herramientas

más valiosas para investigar la naturaleza de la materia oscura. Si esta materia se aniquila o decae, teóricamente produciría rayos gamma distintivos, al ser detectados, servirían como una firma de su identidad física.

En suma, el análisis de la emisión gamma permite acceder a información crucial sobre procesos no térmicos, la aceleración de partículas a energías relativistas y la posible interacción de la materia oscura con su entorno. Estas líneas de investigación son esenciales para comprender a profundidad fenómenos fundamentales de la astrofísica moderna.

### **Funcionamiento del Telescopio Espacial Fermi**

El Telescopio Espacial Fermi, lanzado en 2008, ha revolucionado la astronomía de rayos gamma al proveer observaciones de alta calidad y amplia cobertura temporal. Está equipado con dos instrumentos principales: el Large Area Telescope (LAT) y el Gamma-ray Burst Monitor (GBM). El LAT, un detector de partículas de par electrón-positrón, abarca energías desde unos 20 MeV hasta más de 300 GeV, mapeando el cielo completo aproximadamente cada tres horas. El GBM, por su parte, está diseñado para detectar estallidos de rayos gamma en rangos de energía más bajos, contribuyendo a la comprensión de eventos transitorios.

La combinación de estos dos instrumentos permite el estudio simultáneo y continuo de multitud de fenómenos de alta energía, brindando un acervo de datos sin precedentes. Durante más de 14 años de operaciones, Fermi LAT ha generado catálogos extensos y

detallados, incrementando significativamente el número de fuentes detectadas e identificadas.

### ***Gamma-ray Burst Monitor (GBM)***

El GBM complementa al LAT al detectar rayos gamma de menor energía, entre los 8 keV y los 40 MeV, especialmente provenientes de estallidos de rayos gamma (GRBs), uno de los fenómenos más violentos del universo. A diferencia del LAT, el GBM está diseñado específicamente para detectar estos eventos explosivos, que suelen durar entre milisegundos y unos pocos minutos. Con estos dos instrumentos combinados, el telescopio Fermi cubre una gran parte del espectro electromagnético de alta energía, proporcionando una imagen completa del universo en rayos gamma.

### ***Large Area Telescope (LAT)***

El LAT es el principal instrumento de Fermi y está diseñado para detectar rayos gamma en un rango energético muy amplio, desde los 20 MeV (megaelectronvoltios) hasta más de 300 GeV (gigaelectronvoltios). Su función es rastrear y medir la energía de los rayos gamma al convertirlos en pares de electrones y positrones mediante un proceso llamado producción de pares. Este fenómeno ocurre cuando un fotón de alta energía interactúa con el material detector y se descompone en una partícula (electrón) y su antipartícula (positrón). El LAT mide las trayectorias de estas partículas utilizando múltiples capas de detectores de cristales de silicio, y luego determina la energía del fotón original mediante un calorímetro que mide la energía total depositada por las partículas.

El diseño del LAT permite observar aproximadamente el 20% del cielo en cualquier momento dado, y su campo de visión completo cubre el cielo entero cada tres horas, lo

que lo hace muy eficiente en la recolección de datos. Esto permite monitorear la evolución temporal de las fuentes, lo que es crucial para estudiar fenómenos dinámicos como los estallidos de rayos gamma o los cambios en las emisiones de los púlsares.

El LAT utiliza una técnica de detección por producción de pares. Cuando un fotón de rayos gamma choca con un átomo en el detector, se convierte en un par de partículas: un electrón y un positrón. Estas partículas viajan a través de múltiples capas de detectores de silicio, que registran su trayectoria. Las trayectorias curvas de las partículas permiten a los científicos reconstruir la dirección de donde provino el fotón de rayos gamma original. Posteriormente, el fotón pierde energía en un calorímetro, lo que permite medir su energía inicial. Este sistema de detección es lo que hace del LAT un detector altamente sensible y preciso.

Uno de los productos más importantes del telescopio Fermi es el catálogo de fuentes de rayos gamma. A lo largo de los años, se han publicado varias versiones del Fermi-LAT Source Catalog, que contiene miles de fuentes detectadas. Cada catálogo clasifica las fuentes con base en sus características observacionales, lo que proporciona una gran cantidad de información sobre los fenómenos energéticos en el universo.

### **El Catálogo Fermi LAT DR4 (14 años)**

Uno de los productos más recientes y completos derivados de las observaciones del Fermi LAT es el Data Release 4 (DR4), un catálogo que abarca la observación de rayos gamma durante 14 años. Este catálogo reúne más de 6,000 fuentes de rayos gamma, clasificadas o aún sin identificación, incluyendo púlsares, AGN, remanentes de supernova, sistemas

binarios, galaxias starburst, fuentes extragalácticas eventos transitorios entre otros. El DR4 representa un avance respecto a catálogos previos debido a su mayor sensibilidad, refinamiento en las identificaciones y mayor cobertura temporal. A continuación, se presenta un listado de los principales tipos de fuentes catalogadas en el DR4

### ***1. Púlsares***

- **Púlsares de milisegundos (PSR):** Estrellas de neutrones altamente magnetizadas que rotan rápidamente (periodos de rotación del orden de milisegundos) y emiten rayos gamma en pulsos periódicos.
- **Púlsares jóvenes (JPSR):** Púlsares con periodos de rotación más largos que los de milisegundos, típicamente asociados con remanentes de supernova.

### ***2. Remanentes de Supernova (SNR)***

- **Remanentes de supernova no térmicos (SNR):** Estructuras en expansión que quedan después de la explosión de una estrella masiva. Estas regiones aceleran partículas a altas energías, emitiendo rayos gamma.
- **SNR asociados con púlsares (PWN):** En algunos casos, los remanentes de supernova están asociados con púlsares nacidos de la explosión estelar.

### ***3. Núcleos Galácticos Activos (AGN)***

- **Blazares:** Un tipo de AGN donde el chorro relativista apunta casi directamente hacia la Tierra, haciendo que las emisiones de rayos gamma sean extremadamente intensas.
  - **Blazares de tipo BL Lacertae (BL Lacs, BLL):** Blazares con espectros no muy pronunciados de líneas de emisión.
  - **Blazares de espectro plano (FSRQ Flat Spectrum Radio Quasar):** Blazares con líneas de emisión más fuertes y espectros característicos de alta energía.
- **Núcleos Galácticos Activos no identificados:** AGN que no pueden ser clasificados fácilmente como blazares debido a la falta de información espectral suficiente.
- **AGN de baja luminosidad:** AGN menos activos en términos de emisión de rayos gamma.

### ***4. Estallidos de Rayos Gamma (GRB)***

- **Estallidos cortos (SGRB):** Estallidos que duran menos de 2 segundos, posiblemente asociados con la fusión de estrellas de neutrones.

- **Estallidos largos (LGRB):** Estallidos que duran más de 2 segundos, generalmente vinculados con el colapso de estrellas masivas.

### ***5. Galaxias de Starburst (SBG)***

- Galaxias con una alta tasa de formación estelar, lo que lleva a un gran número de supernovas y, en consecuencia, a una fuerte emisión de rayos gamma debido a la interacción de partículas energéticas con el gas y el polvo.

### ***6. Sistemas Binarios de Rayos Gamma***

- **Binarias de alta masa (HMB: High Mass Binary):** Sistemas estelares donde una estrella masiva y un objeto compacto (como una estrella de neutrones o un agujero negro) interactúan, emitiendo rayos gamma en el proceso.
- **Microcuásares (MQS):** Sistemas binarios donde el objeto compacto acelera chorros relativistas que producen rayos gamma.

### ***7. Sistemas Solares***

- **El Sol (SUN):** Aunque es una fuente secundaria de rayos gamma, el Sol emite rayos gamma a través de la interacción de partículas cósmicas con su atmósfera.
- **Planetas (PLN):** Algunos planetas y sus lunas pueden emitir rayos gamma a través de procesos similares a los del Sol.

### ***8. Fuentes Galácticas***

- **Nebulosas de viento de púlsar (PWN: Pulsar Wind Nebula):** Nebulosas energizadas por el viento de partículas emitido por un púlsar. Un ejemplo destacado es la Nebulosa del Cangrejo.
- **Regiones de formación estelar (SFR: Star Forming Region):** Áreas donde nacen estrellas, que a menudo están asociadas con emisiones de rayos gamma debido a los procesos dinámicos involucrados.

### ***9. Agujeros Negros Supermasivos (AGN)***

- **Regiones de acreción en agujeros negros:** La materia que cae en los agujeros negros supermasivos de algunas galaxias emite radiación extremadamente energética, incluidos rayos gamma.

### ***10. Fuentes No Identificadas (UNID: Unidentified)***

Fuentes que emiten rayos gamma pero que no tienen una contrapartida clara en otras longitudes de onda o que no han sido clasificadas definitivamente.

Estas fuentes representan una parte significativa del catálogo, más del 30%, lo que sugiere que aún hay fenómenos astrofísicos por descubrir o comprender mejor.

### ***11. Fuentes Extendidas***

- **Burbujas de Fermi (FERMI BUBBLES o EXT):** Estructuras gigantes que se extienden por encima y por debajo del plano galáctico y que emiten rayos gamma. Se cree que están relacionadas con una actividad pasada del agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea.
- **Nubes moleculares gigantes (GMC: Giant Molecular Cloud):** Estas grandes concentraciones de gas molecular en la galaxia pueden emitir rayos gamma debido a la interacción de partículas cósmicas.
- **Regiones de emisión difusa (DIF: Diffuse Source):** Áreas donde la emisión de rayos gamma no proviene de una fuente puntual, sino que está dispersa por una región amplia, posiblemente asociada con estructuras galácticas.

### ***12. Fuentes Extragalácticas***

- **Galaxias activas no clasificadas (AGN):** Galaxias que emiten rayos gamma pero que no se ajustan a las categorías tradicionales de blazares o AGN.
- **Galaxias cercanas (NBG: Nearby Galaxy):** Galaxias vecinas a la Vía Láctea, como la Gran Nube de Magallanes, que emiten rayos gamma.

### ***13. Aceleradores de Partículas Cósmicas (ACC)***

- **Regiones de aceleración de partículas** en galaxias y cúmulos galácticos que generan rayos gamma a través de la interacción de partículas de alta energía con el medio circundante.

### ***14. Ondas de Choque Interestelares (SNR o shock wave)***

Ondas de choque generadas por eventos como supernovas o colisiones entre galaxias que pueden acelerar partículas a velocidades relativistas y, a su vez, producir emisiones de rayos gamma.

### ***15. Emisión Difusa del Fondo Galáctico (DIF)***

Emisiones provenientes de la interacción de rayos cósmicos con el gas y polvo interestelar en nuestra galaxia, lo que genera una radiación difusa detectable en el espectro de rayos gamma.

### ***16. Materias Oscuras (Hipotéticas) (DM)***

Aunque no se han identificado directamente fuentes de rayos gamma atribuibles a la materia oscura, algunos modelos teóricos sugieren que la aniquilación o desintegración de partículas de materia oscura podría producir rayos gamma, y algunas fuentes sin identificar han sido investigadas como posibles señales.

### ***17. Nebulosas Circunestelares (CEN: Circumstellar Nebula)***

Envolturas de gas y polvo que rodean estrellas moribundas y que pueden emitir rayos gamma a medida que el viento estelar interactúa con el medio circundante.

## **Estructura del catálogo**

Los datos contenidos en el catálogo son extensos e incluyen información detallada sobre cada fuente. Algunos de los datos más relevantes que se encuentran en el catálogo son:

- **Coordenadas:** La posición en el cielo de cada fuente, generalmente en coordenadas galácticas o ecuatoriales. Esto permite ubicar con precisión la fuente en el cielo y compararla con otros datos astronómicos.
- **Espectro de energía:** El catálogo incluye el rango de energías en el que se detectan los rayos gamma de cada fuente, lo que es crucial para entender la naturaleza física de la fuente. Por ejemplo, los púlsares suelen emitir en un rango energético distinto al de los AGN.
- **Curva de luz:** Para algunas fuentes, como los estallidos de rayos gamma o los púlsares, se incluyen curvas de luz que muestran cómo varía la intensidad de los rayos gamma a lo largo del tiempo.
- **Espectros de energía que abarcan el rango completo de rayos gamma detectados por Fermi,** lo que permite estudiar la distribución energética de los fotones emitidos por cada fuente. Esto es crucial para comprender la naturaleza física de las fuentes.
- **Clasificación de las fuentes según su naturaleza conocida (púlsares, AGN, restos de supernova, etc.)**

- Significancia estadística: Cada fuente tiene un valor asociado a su "significancia", que indica la probabilidad de que la fuente sea real y no un artefacto de los datos. Esto permite a los astrónomos centrarse en las fuentes más confiables para su análisis.

El catálogo más reciente publicado el **Data Release 4 (DR4)**, tiene más de 200 pulsares identificados, más de 3000 núcleos galácticos activos, agregando además remanentes de supernova, sistemas binarios y fuentes extendidas, entre ellas 2 burbujas de fermi, posiblemente vinculado al centro de nuestra galaxia. Es importante destacar que más del 30% de las fuentes en el DR4 permanecen aún sin identificar, lo que demuestra que es un campo activo de investigación y aún queda mucho por explorar.

### **Desafíos de visualización de rayos gamma**

El estudio de los rayos gamma presenta desafíos únicos para los astrónomos. Estos fotones de alta energía son difíciles de detectar y las fuentes están distribuidas por todo el cielo, lo que hace que su representación en una visualización sea compleja. Las proyecciones tradicionales bidimensionales, como las proyecciones cartesianas o las proyecciones en coordenadas galácticas, aunque útiles, pueden perder información clave sobre la distribución tridimensional de las fuentes (Giacomelli et al., 2015).

Ziegler et al. (2016) discuten que uno de los mayores desafíos en la visualización de datos astronómicos, como los de rayos gamma, es representar con precisión la distribución en el cielo completo. La proyección en una esfera o en un entorno 3D puede proporcionar una representación más intuitiva y cercana a la realidad, permitiendo a los astrónomos visualizar las fuentes en un contexto espacial más natural. Sin embargo, la dificultad radica en crear interfaces interactivas que permitan a los usuarios navegar entre los datos sin perderse en la vasta cantidad de información disponible.

Las visualizaciones esféricas, como las representaciones planetarias, ofrecen una manera intuitiva de explorar datos distribuidos a lo largo del cielo. Al mapear las fuentes de rayos gamma en una esfera, los investigadores pueden visualizar mejor la distribución espacial real de las fuentes y su relación con otros objetos astronómicos. Esta técnica ha sido utilizada en varios proyectos, y los ejemplos más recientes, como la visualización de las constelaciones en rayos gamma en el sitio de Fermi, son prueba del valor de este enfoque. Thompson et al. (2012) describen cómo las visualizaciones planetarias pueden ser utilizadas para presentar datos de rayos gamma de una manera que permita a los usuarios identificar patrones y correlaciones espaciales con más facilidad. Además, Hassan y Fluke (2013) sugieren que las visualizaciones tridimensionales interactivas, que permiten a los usuarios navegar y explorar los datos libremente, ofrecen una ventaja significativa en comparación con las visualizaciones estáticas o bidimensionales. Estas herramientas no solo permiten un análisis más detallado de los datos, sino que también facilitan la comprensión de la distribución espacial de las fuentes en el contexto del cielo completo.

### **Avances Contemporáneos en Visualización Interactiva**

Además de las referencias y el contexto descrito en la revisión de la literatura original, en años recientes se han desarrollado nuevas herramientas y librerías interactivas (como Plotly, Bokeh, D3.js, entre otras) que facilitan la representación 3D y la interacción con datos astronómicos complejos. Estas herramientas permiten integrar capas adicionales de información, filtrar objetos por tipo o energía, superponer datos personalizados, e incluso agregar elementos multimedia, ofreciendo entornos más inmersivos y flexibles.

El marco conceptual propuesto por Munzner (2009) para el diseño y validación de visualizaciones —un modelo anidado que considera el dominio, las abstracciones de datos y tareas, el diseño de las codificaciones visuales y el algoritmo, y finalmente la implementación— es plenamente aplicable al campo astronómico de alta energía. Este marco permite estructurar el proceso de diseño de la visualización considerando las necesidades de los usuarios (astrofísicos), las características intrínsecas de los datos (catálogos como Fermi LAT DR4), y las tareas analíticas a realizar (identificación de patrones, correlaciones, evolución temporal, comparación con otros catálogos).

### **Hacia la Integración de Datos y la Interactividad Avanzada**

La literatura y el estado del arte señalan que la siguiente etapa en la evolución de las visualizaciones astronómicas va más allá de simplemente mostrar datos: se trata de permitir la exploración libre del cielo en múltiples dimensiones, ofreciendo interacción, filtrado dinámico, comparación con datos personalizados y referencia a otros catálogos astronómicos (como el HYG para estrellas). La integración de datos heterogéneos (FITS para rayos gamma, CSV para catálogos estelares, JSON para líneas de constelaciones) y su representación coherente en un entorno esférico interactivo es uno de los mayores desafíos y, al mismo tiempo, la principal oportunidad para obtener una visión más profunda del universo.

## **Hipótesis y Objetivos**

### **Hipótesis**

Una visualización planetaria interactiva basada en datos de rayos gamma detectadas por el telescopio Fermi facilita el análisis y el descubrimiento de patrones por parte de los astrofísicos e investigadores del espacio.

### **Objetivo general:**

Representar de manera interactiva la distribución y características de las fuentes de rayos Gamma detectadas por el telescopio Fermi en una visualización planetaria para facilitar el análisis y el descubrimiento de patrones por parte de los astrofísicos e investigadores del espacio.

### **Objetivos específicos:**

1. Encontrar las necesidades del grupo de astrofísicos e investigadores del espacio en torno a la visualización de los datos de rayos Gamma detectados por el telescopio Fermi.
2. Diseñar una visualización que dé respuesta a las necesidades detectadas de los astrofísicos e investigadores del espacio.
3. Construir una prueba de concepto de la visualización diseñada.

# Datos y Metodología

## Identificación del Grupo Objetivo

Para identificar al grupo objetivo, se consultó a chatGPT, a que grupos de personas una visualización del tipo planetaria le podría ser de utilidad<sup>1</sup>, entregó el siguiente listado:

1. Astrofísicos e Investigadores del Espacio
2. Educadores en Astronomía y Ciencias Espaciales
3. Aficionados a la Astronomía
4. Instituciones de Divulgación Científica (Museos, Planetarios)
5. Científicos Computacionales y Visualización de Datos
6. Política Científica y Toma de Decisiones

De este grupo, se observó que una visualización que aportaría más valor es al grupo de Astrofísico e Investigadores del espacio, porque les ofrece herramientas avanzadas para analizar datos complejos de alta energía y comprender fenómenos astronómicos que no son accesibles con tecnologías ópticas tradicionales, de tal manera de proporcionar:

1. Profundidad de Análisis: Una visualización inmersiva permitiría a los astrofísicos localizar y analizar estas fuentes de forma contextualizada en el universo. Además, pueden observar cómo estas fuentes interactúan entre sí y cómo evolucionan a lo largo del tiempo.
2. Conexiones con Datos Observacionales: Tener una representación visual de los datos del catálogo de Fermi LAT 14 years DR4 en un formato planetario permitiría conectar sus observaciones con datos históricos, mejorando así la comprensión de eventos cósmicos.
3. La visualización espacial en 3D ayuda a identificar patrones en la distribución de las fuentes de rayos gamma, lo que puede revelar información sobre la estructura del universo, la distribución de la materia oscura, o la evolución de galaxias. Esta capacidad de identificar patrones espaciales sería invaluable para astrofísicos que buscan descubrir nuevas características de estos eventos.
4. Colaboración Interdisciplinaria: Dado que los astrofísicos colaboran con expertos en otras áreas como físicos de partículas y cosmólogos, una visualización planetaria les

---

<sup>1</sup> El resultado completo puede verse en los anexos

proporcionaría una plataforma común para discutir fenómenos complejos y teorías, ayudando a alinear sus investigaciones con las observaciones espaciales.

Con lo anterior, se definió ese como grupo objetivo a los Astrofísicos e Investigadores del espacio.

Posteriormente se segmentó este grupo objetivo (ver anexo) con lo que se obtuvo la siguiente clasificación:

Segmentación (Tipo de Usuario)	Rango Etario	Ubicación Geográfica	Objetivo de Investigación
Usuarios avanzados (acceso regular a datos Fermi)	30-65	Global	Fenómenos transitorios, objetos compactos
Usuarios moderados (uso intermitente)	25-60	Global	Distribución galáctica, evolución cósmica
Usuarios novatos (educación y divulgación)	25-40	Global	Aprendizaje y divulgación
Investigadores de agencias espaciales	30-65	EE.UU., Europa, Japón	Investigación aplicada a misiones espaciales
Investigadores académicos	25-65	Global (universidades e institutos)	Proyectos de investigación teórica y aplicada
Líderes de proyectos internacionales	40-65	Global	Coordinación y publicación de descubrimientos
Estudiantes y postdoctorales	25-35	Global	Aprendizaje, colaboraciones, primeras publicaciones
Investigadores con acceso limitado a tecnología	30-65	Países en desarrollo, regiones sin acceso	Uso de herramientas públicas o plataformas accesibles

### **Caracterización de las Necesidades: Encuestas y Perfiles Extraídos del CSV**

Teniendo en cuenta la segmentación anterior, se llevó a cabo una encuesta (ver anexo) a 100 astrónomos simulados con chat GPT modelo 4o (Astrónomo 1 a Astrónomo 100).

El instrumento de encuesta utilizado fue un cuestionario estructurado que incluía:

- Preguntas sobre el área principal de investigación, nivel de experiencia con datos gamma, y frecuencia de uso de visualizaciones.

- Escalas de importancia (1 a 5) para características clave de la visualización (detalle, interactividad, personalización, exportación, visualización en tiempo real, comparación de espectros).
- Preguntas sobre el valor de la exploración de patrones espaciales y el tipo de interacción preferida (pasiva, limitada, avanzada).
- Consulta sobre la utilidad de comparar la misma región del cielo en diferentes épocas y la integración de otros datos espectrales.
- Ítems sobre los principales desafíos enfrentados con visualizaciones anteriores y mejoras deseadas.
- Preguntas sobre limitaciones tecnológicas y sugerencias adicionales.

Para lo anterior se solicitó a chatGPT que respondiera la encuesta simulando ser un astrónomo del grupo objetivo.

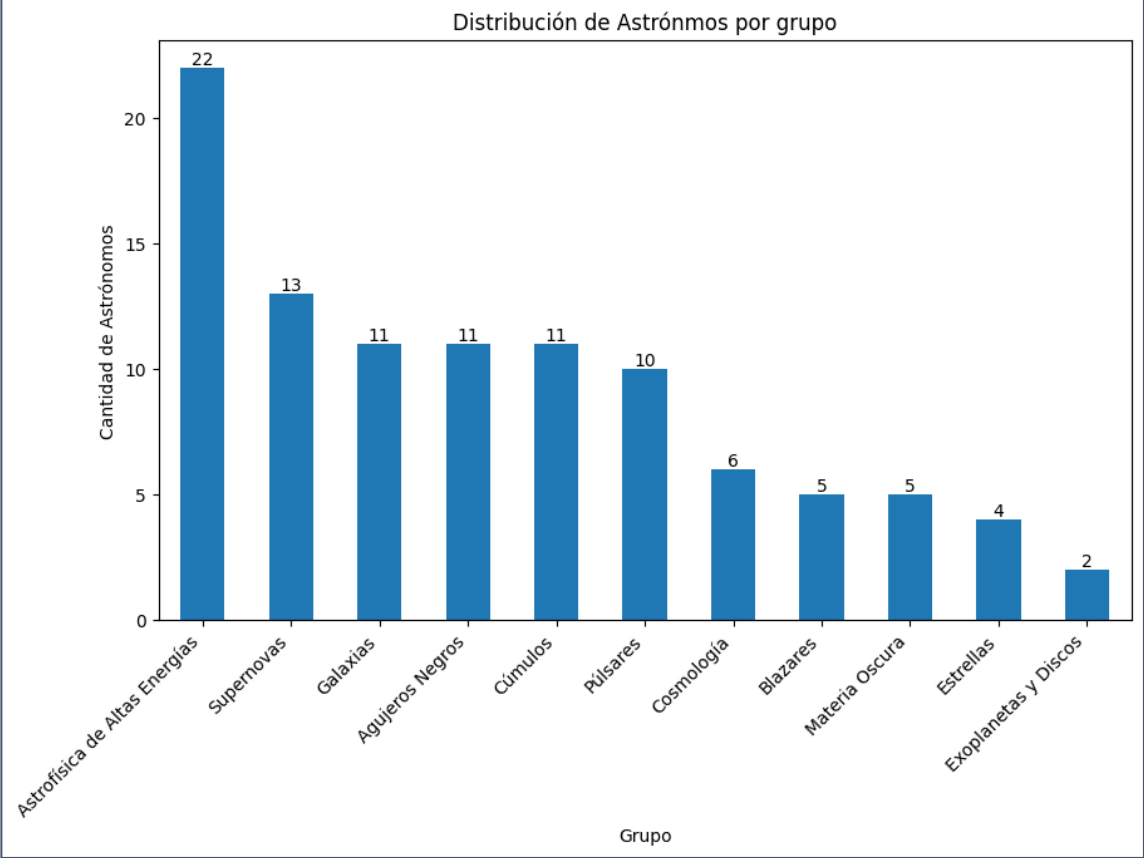
Lo que busca el instrumento es, encontrar cuales son las necesidades de visualización del grupo de enfoque.

El instrumento aplicado que se puede observar en el informe recopiló información sobre:

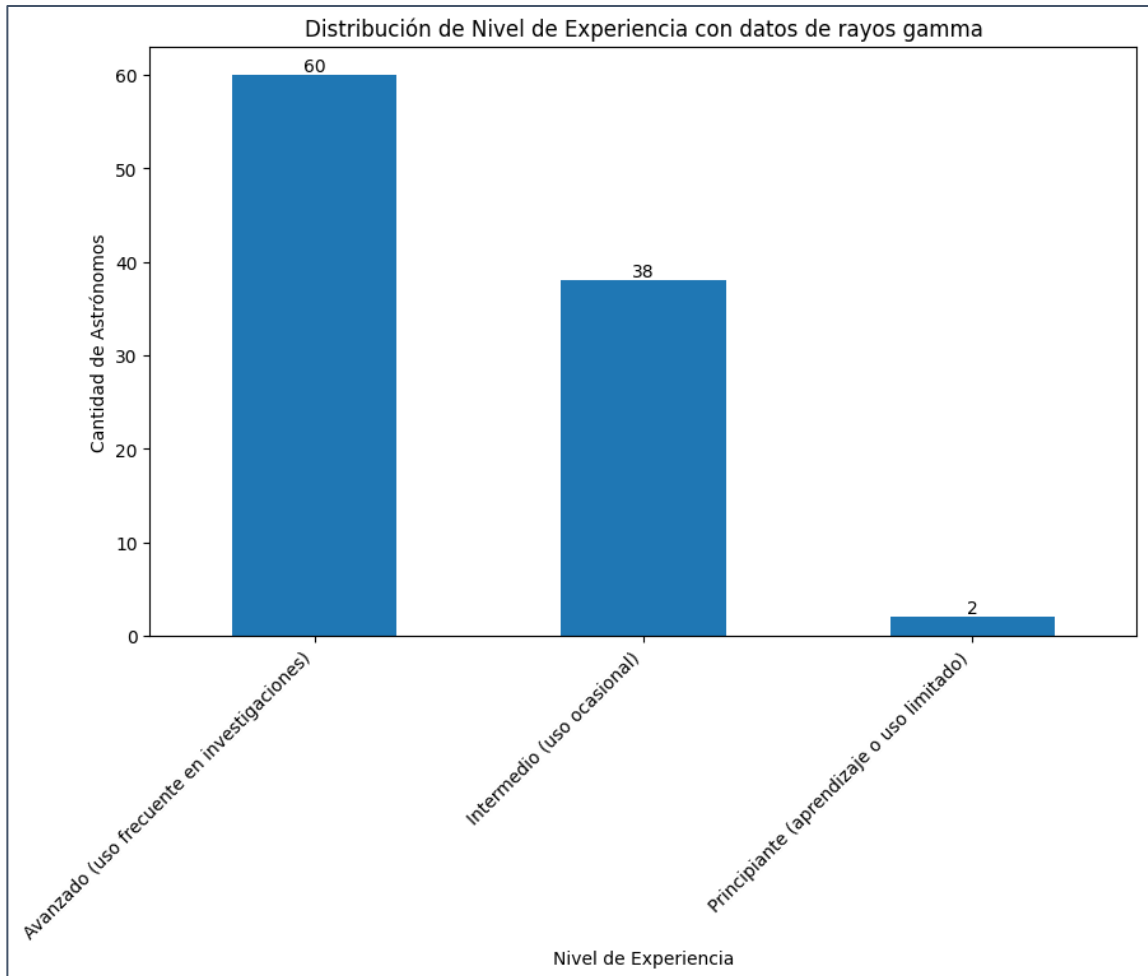
- Área principal de investigación: Púlsares, agujeros negros (supermasivos o de masa estelar), fenómenos transitorios (GRBs, supernovas), distribución galáctica, cosmología, formación estelar, medio interestelar, exoplanetas, blazares, AGN, materia oscura, cúmulos estelares, vientos estelares, radiación cósmica de fondo, entre otros. Esta diversidad evidencia que el universo gamma es estudiado desde múltiples ángulos, y la visualización debe responder a múltiples enfoques científicos.



La cantidad de astrónomos por grupo, se pueden observar en el siguiente gráfico.

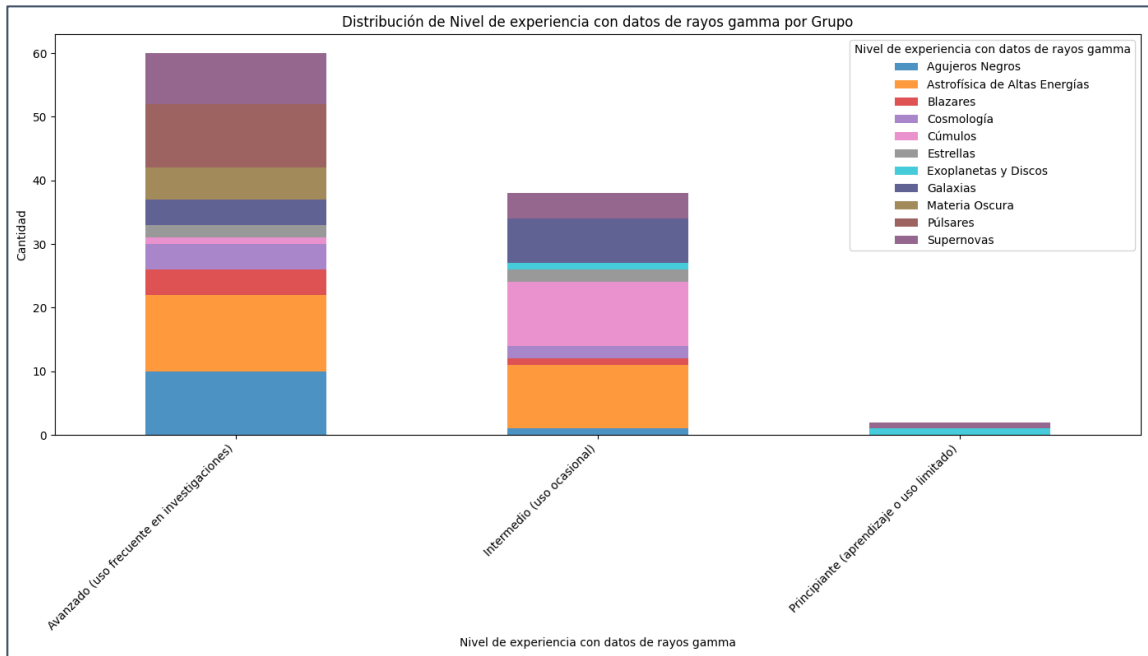


La cantidad de Astrónomos por nivel de experiencia:

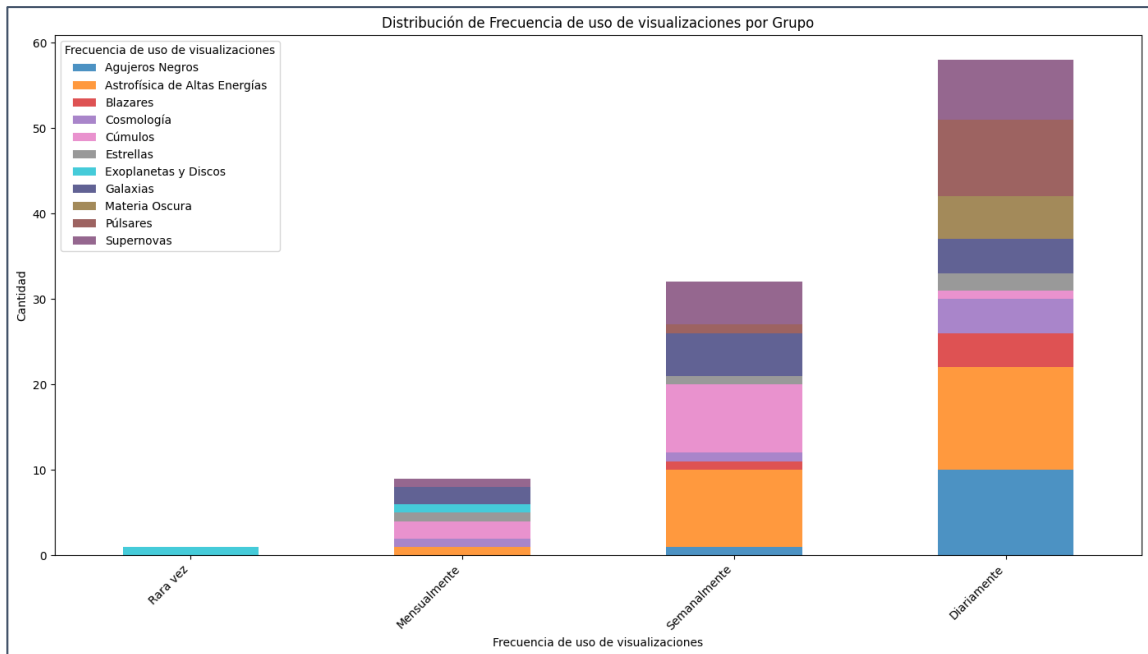


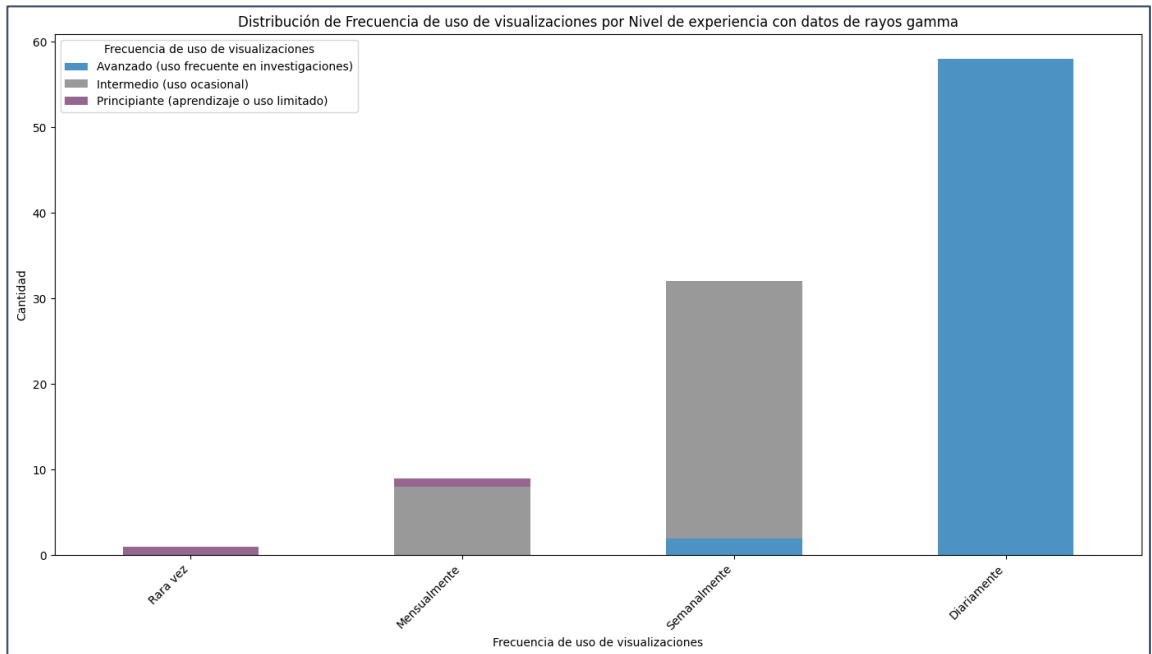
A continuación, se mostrarán los datos obtenidos por pregunta agrupados por tipo de investigación y por nivel de experiencia

- Nivel de experiencia con datos de rayos gamma: Van desde “Avanzado (uso frecuente en investigaciones)” hasta “Principiante (uso limitado)”. Esto implica que la herramienta debe servir tanto a usuarios altamente experimentados (que requieren funcionalidades avanzadas, filtros complejos, exportación de datos en formatos especializados) como a usuarios menos experimentados (que necesitan interfaces más simples, tutoriales, menor curva de aprendizaje).

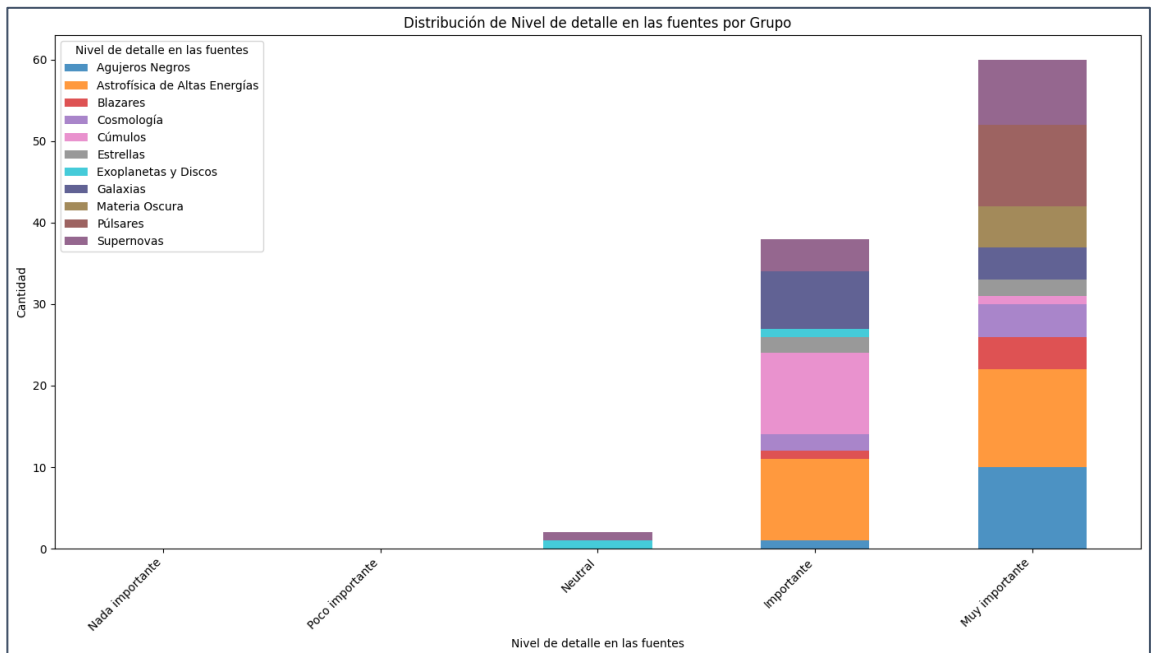


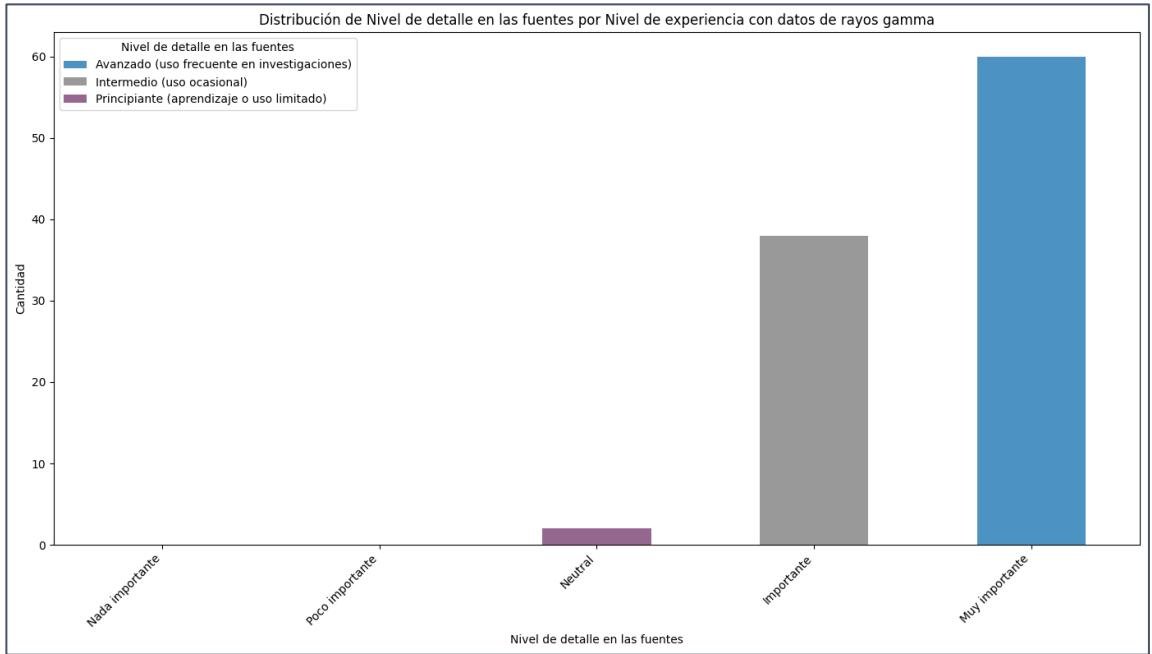
- Frecuencia de uso de visualizaciones: Desde “Diariamente” a “Rara vez”. Los usuarios diarios esperan flujos de trabajo eficientes, personalización, integración de datos a gran escala. Los usuarios ocasionales o mensuales requieren interfaces intuitivas que no demanden una inversión de tiempo excesiva.



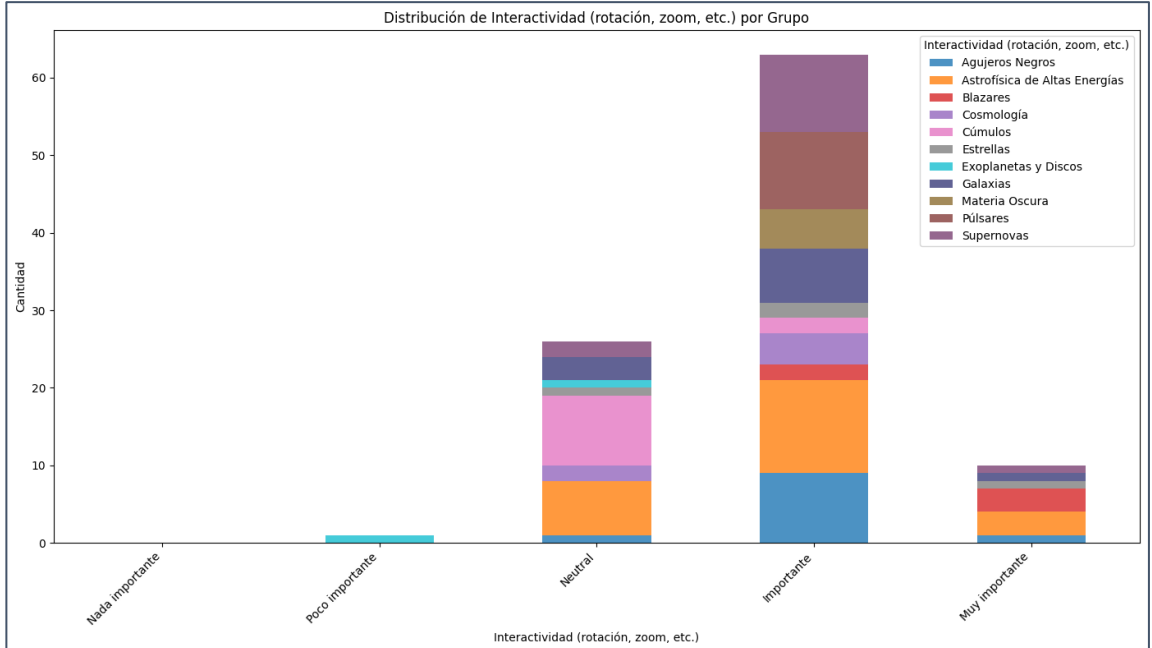


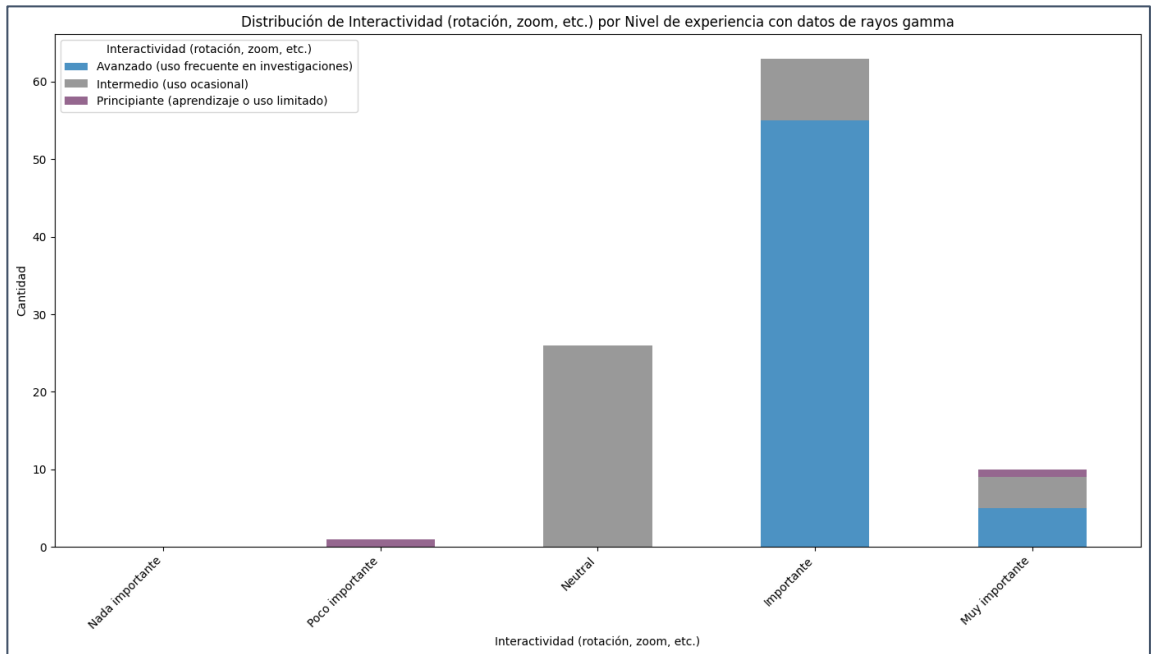
- Características requeridas en la visualización:  
Se preguntó sobre “Nivel de detalle en las fuentes”,



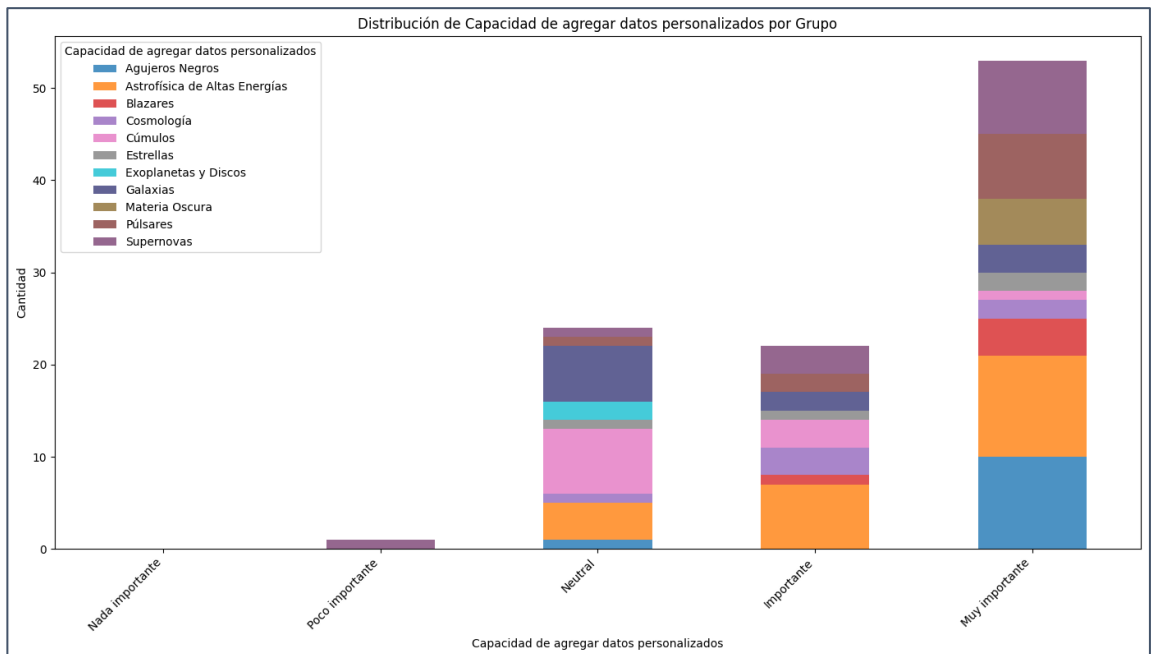


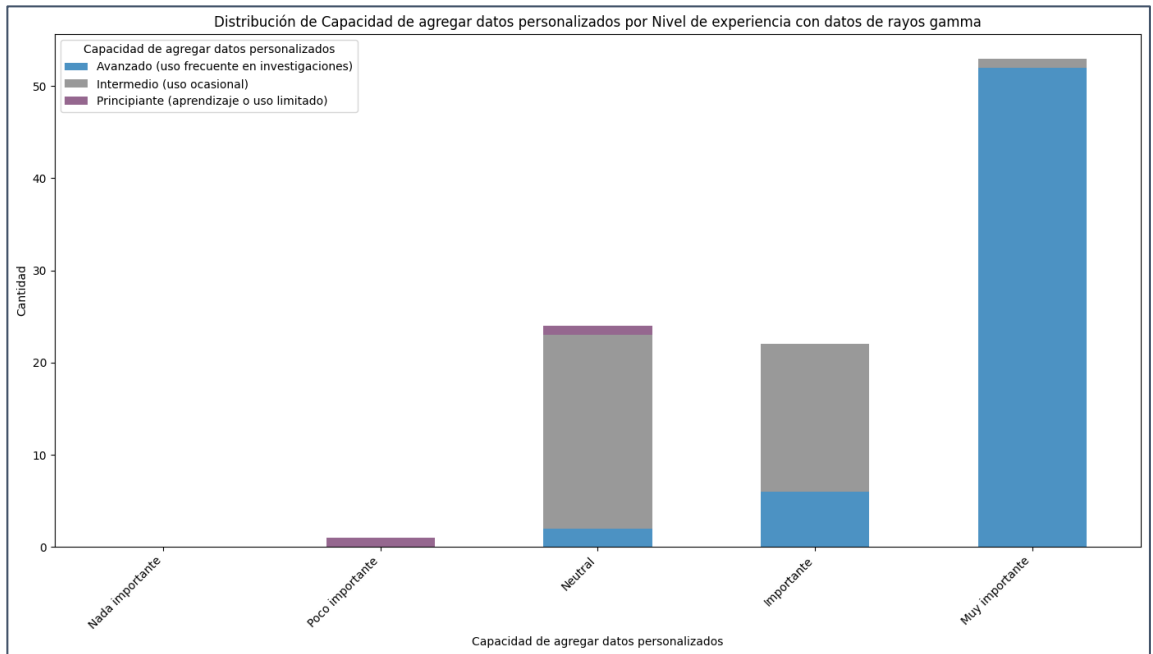
- “Interactividad (rotación, zoom, etc.)”



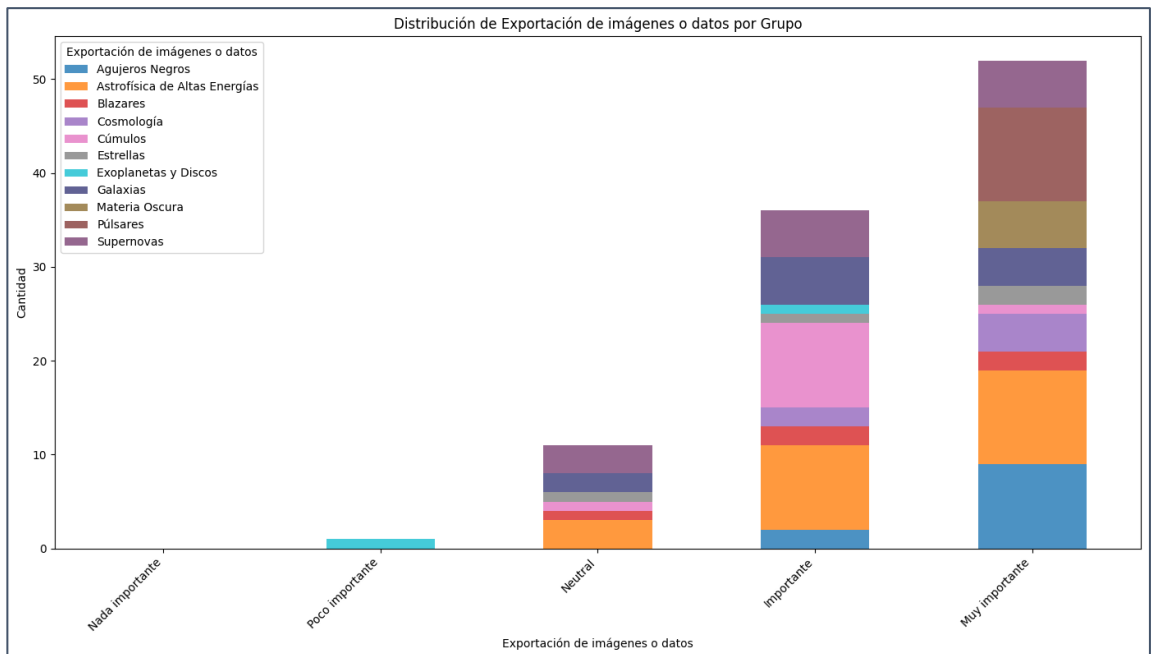


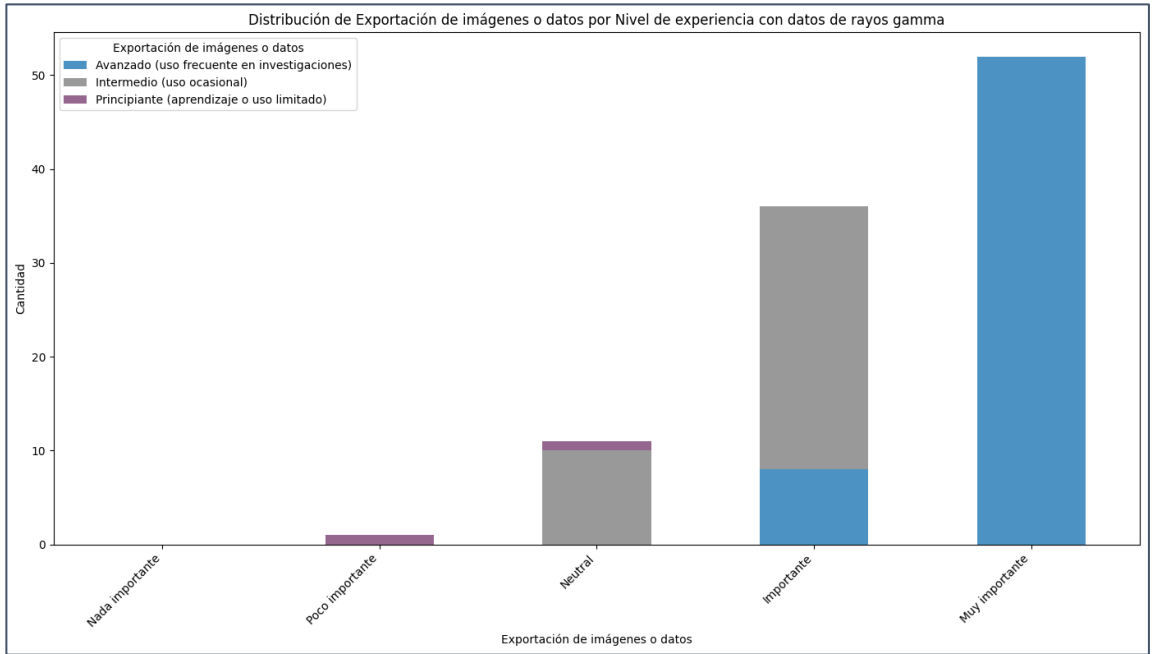
- “Capacidad de agregar datos personalizados”



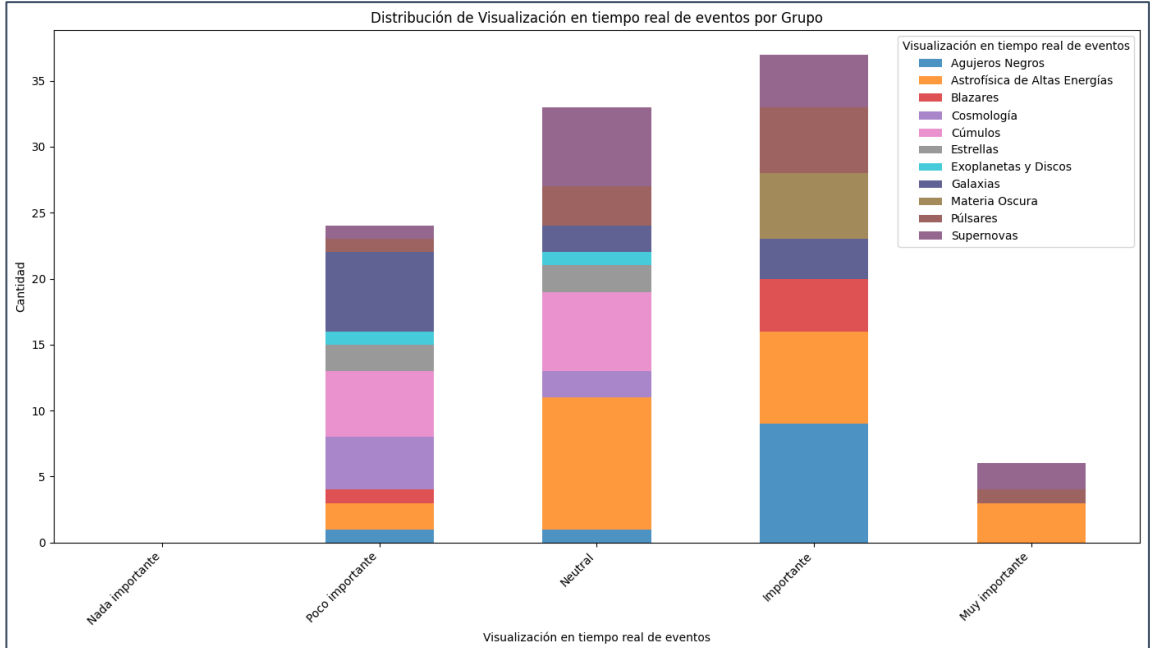


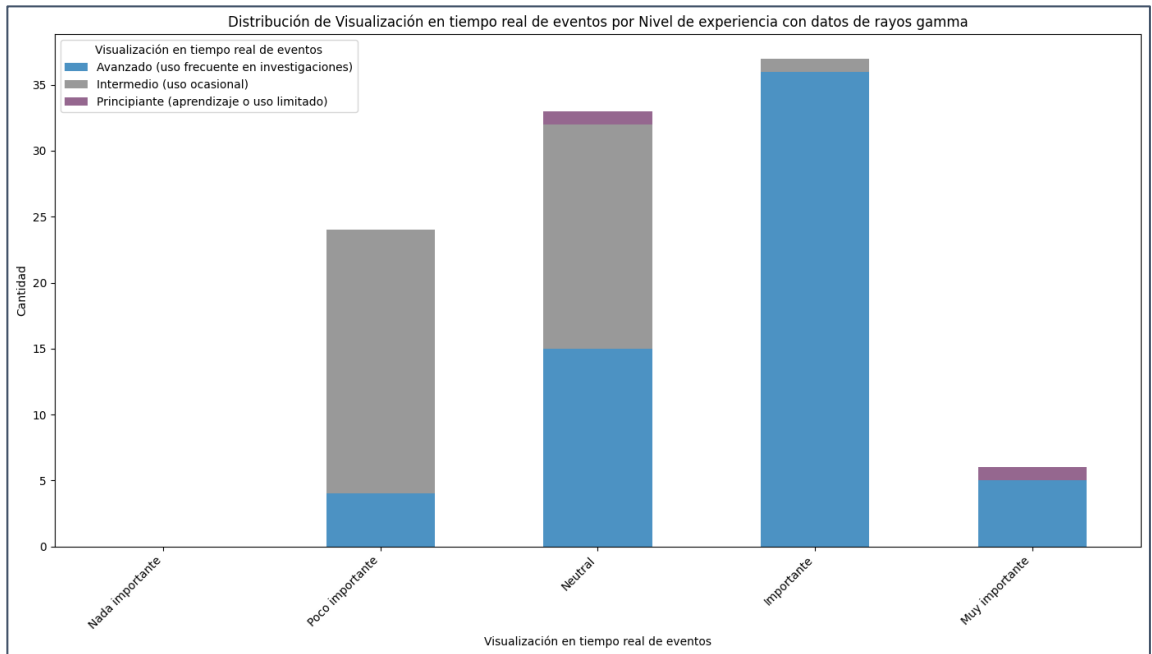
- “Exportación de imágenes o datos”



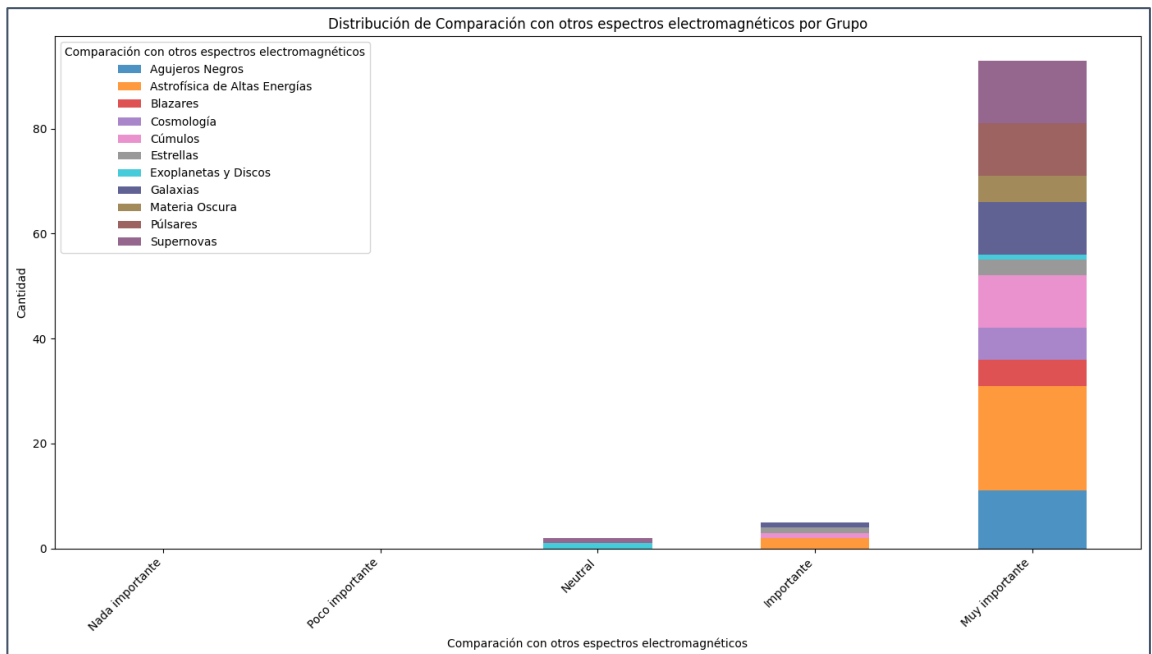


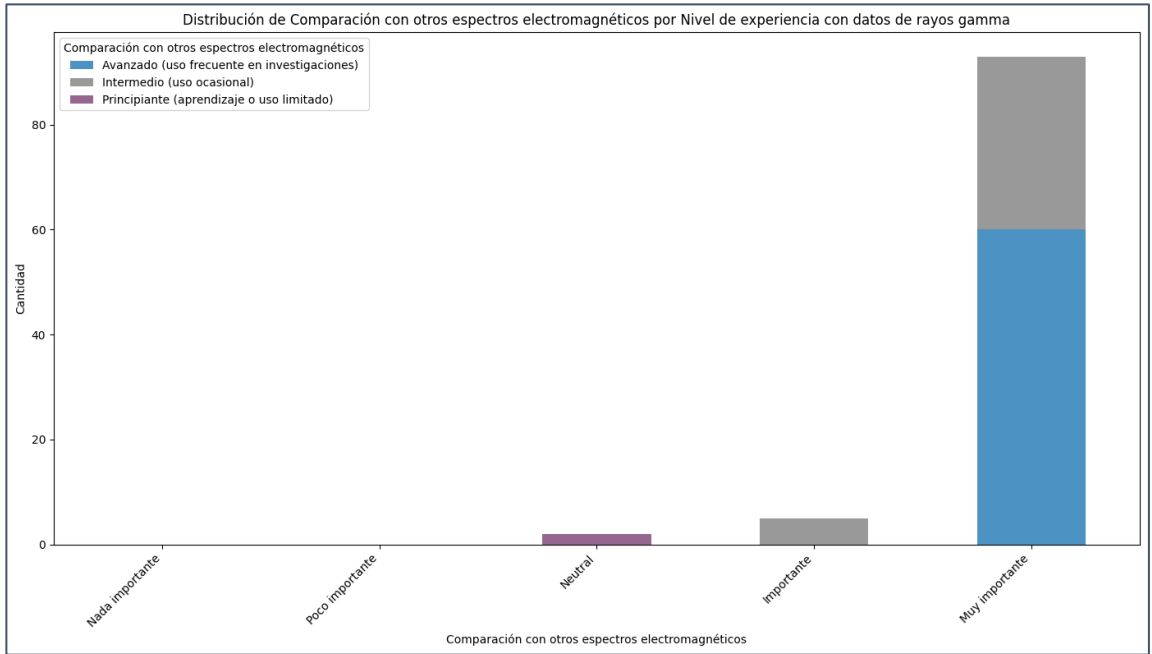
- “Visualización en tiempo real de eventos”



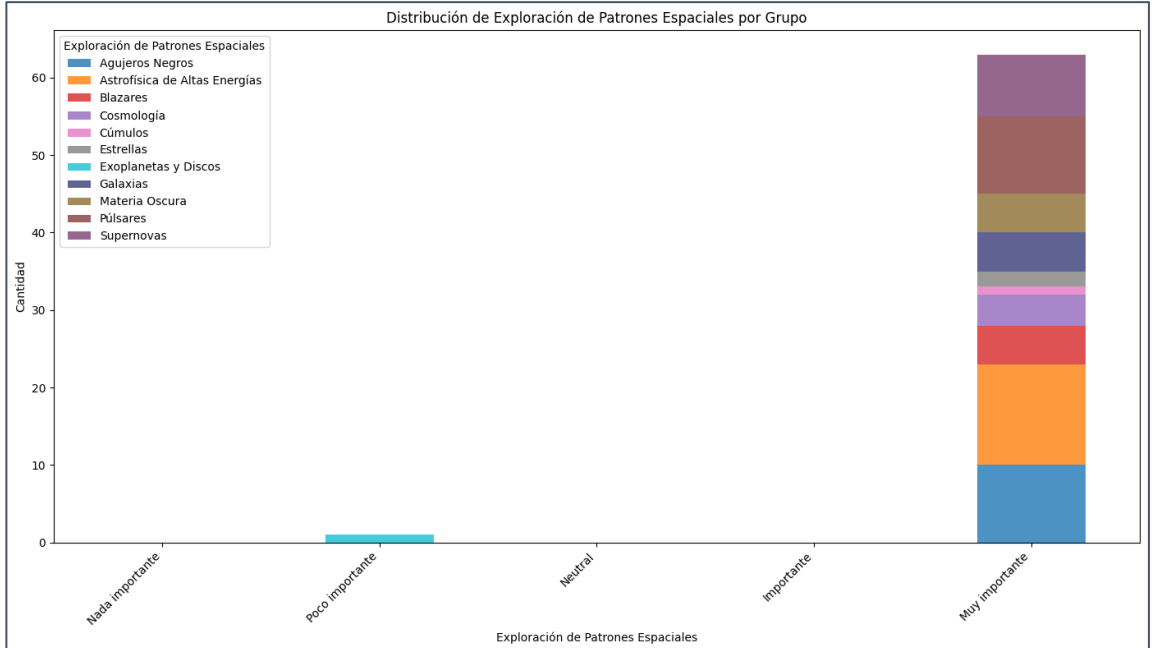


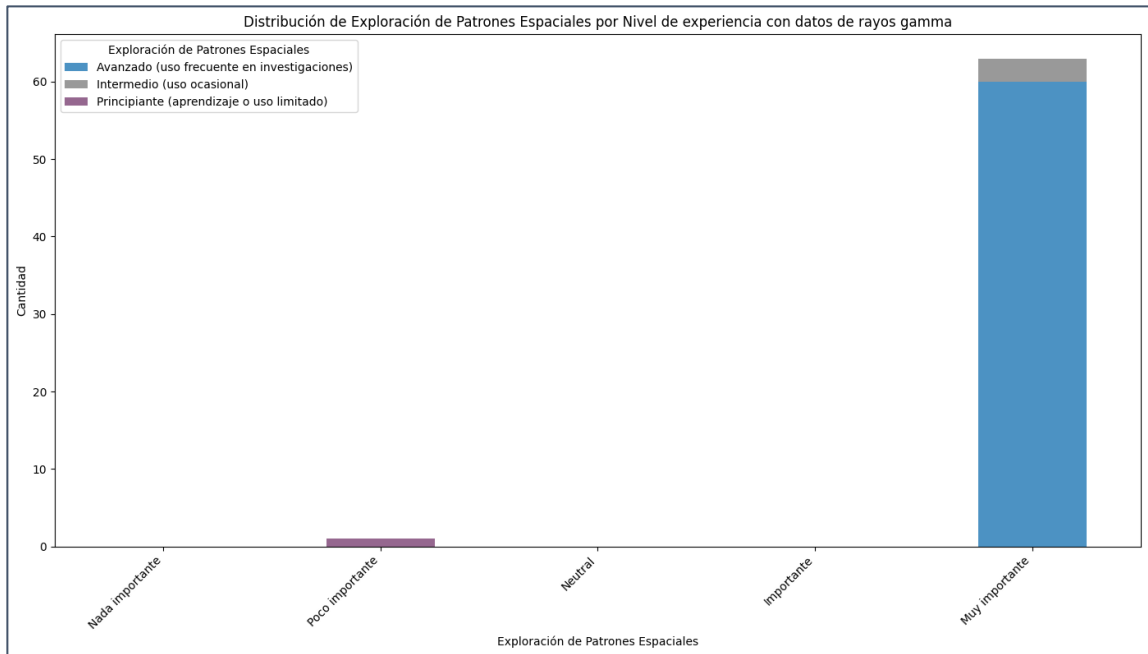
- “Comparación con otros espectros electromagnéticos”





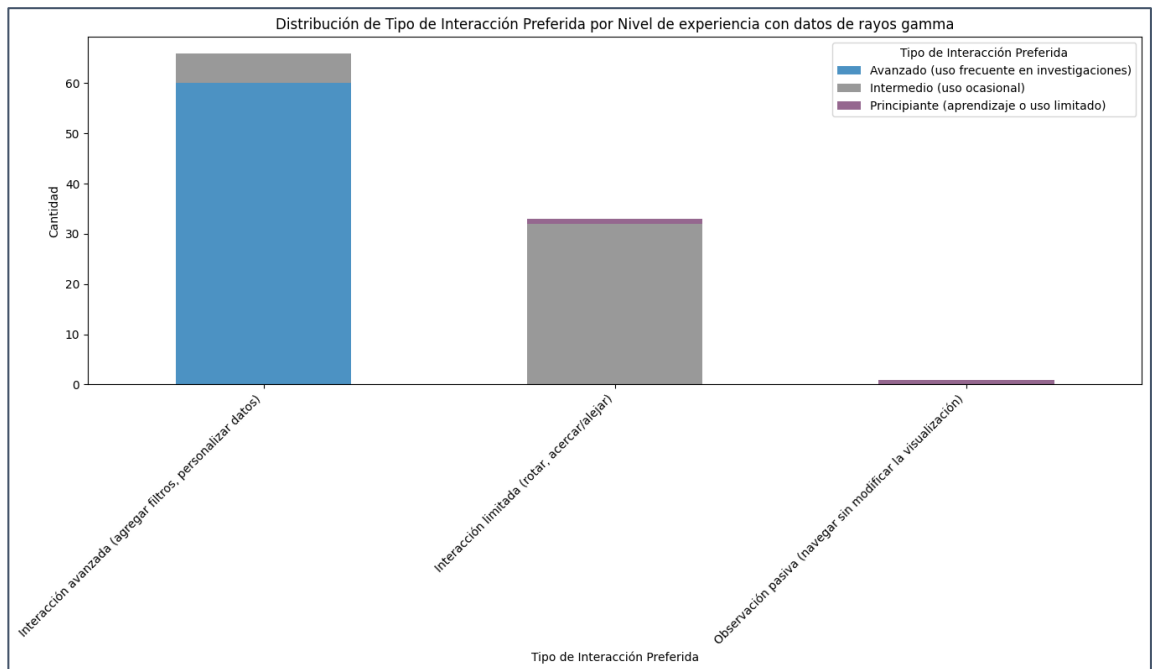
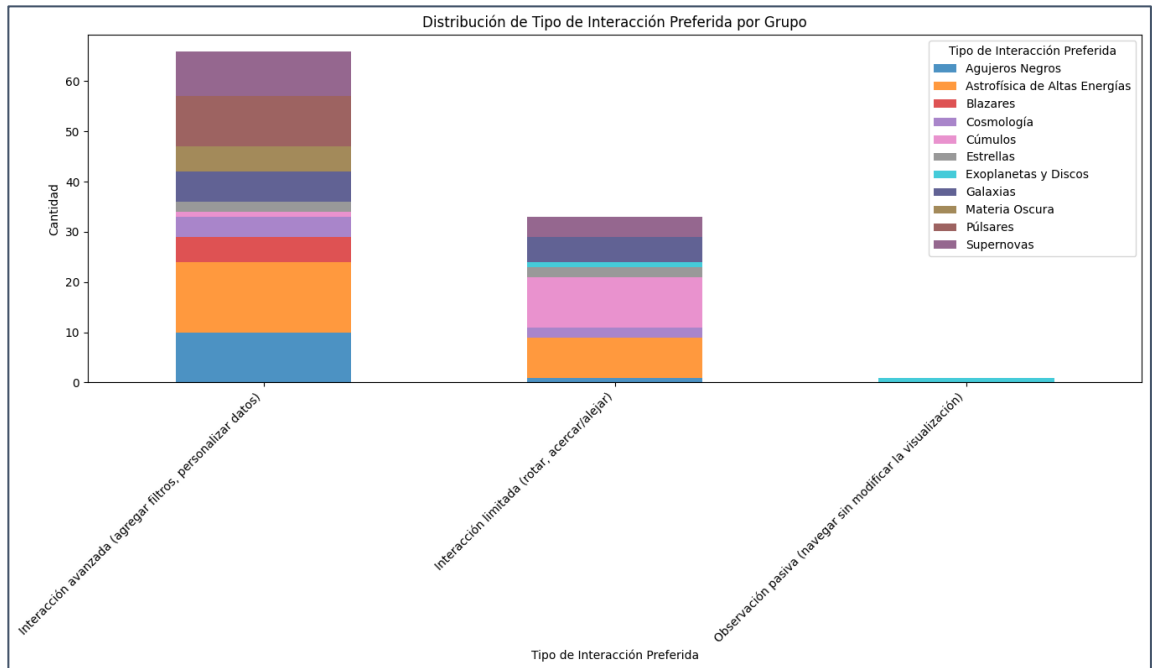
- “Exploración de patrones espaciales”





Prácticamente todos los astrónomos encuestados dan una importancia muy alta (valores 4 o 5) a la interactividad y la exploración de patrones espaciales. La comparación con otros espectros y la integración de datos personalizados también resultan muy valoradas.

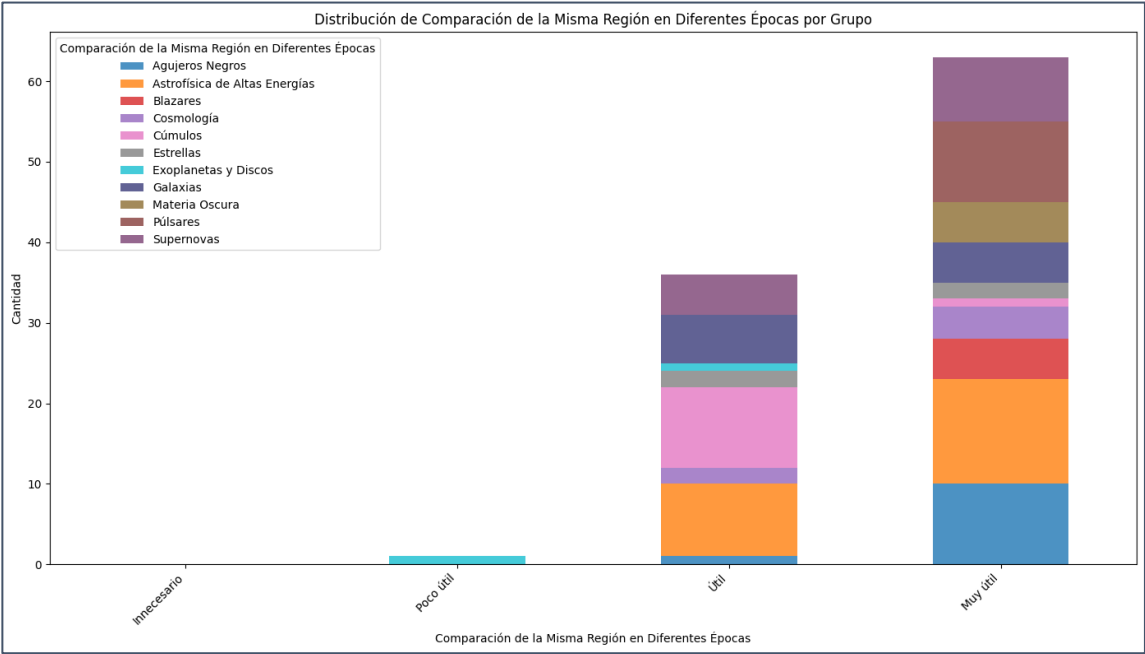
- Tipo de Interacción Preferida:

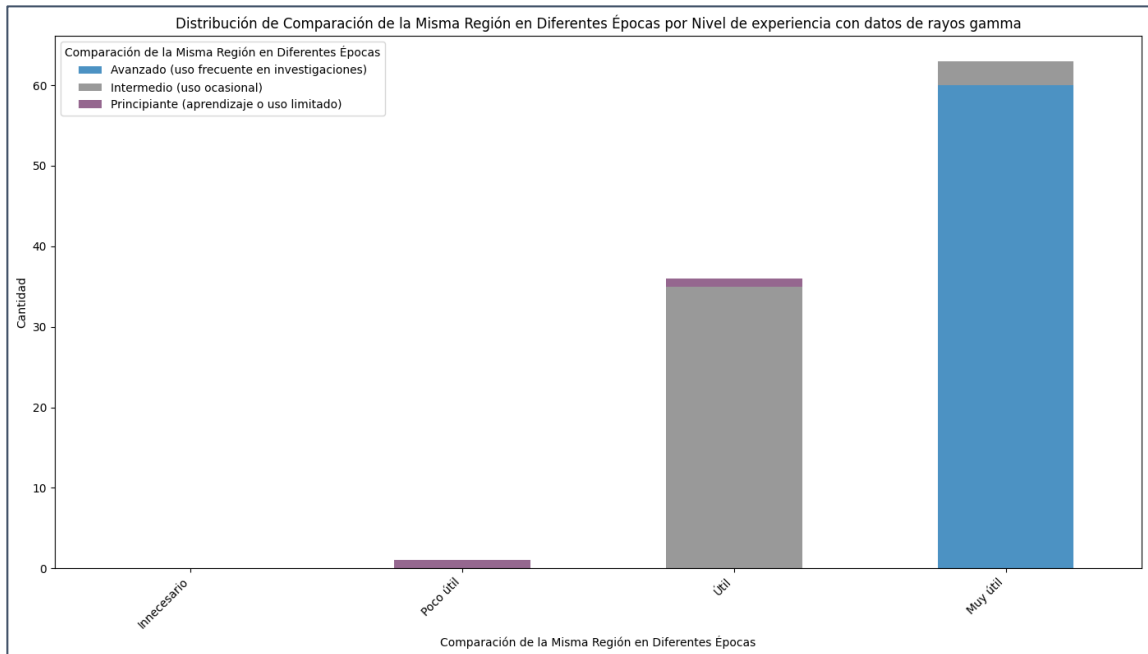


La mayoría prefiere “Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)”, mientras que otros, menos experimentados, se conforman con “Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)”, y solo unos pocos de nivel principiante se inclinan por una “Observación

pasiva”. La prevalencia de la interacción avanzada indica que el grupo objetivo principal es altamente demandante de funciones complejas.

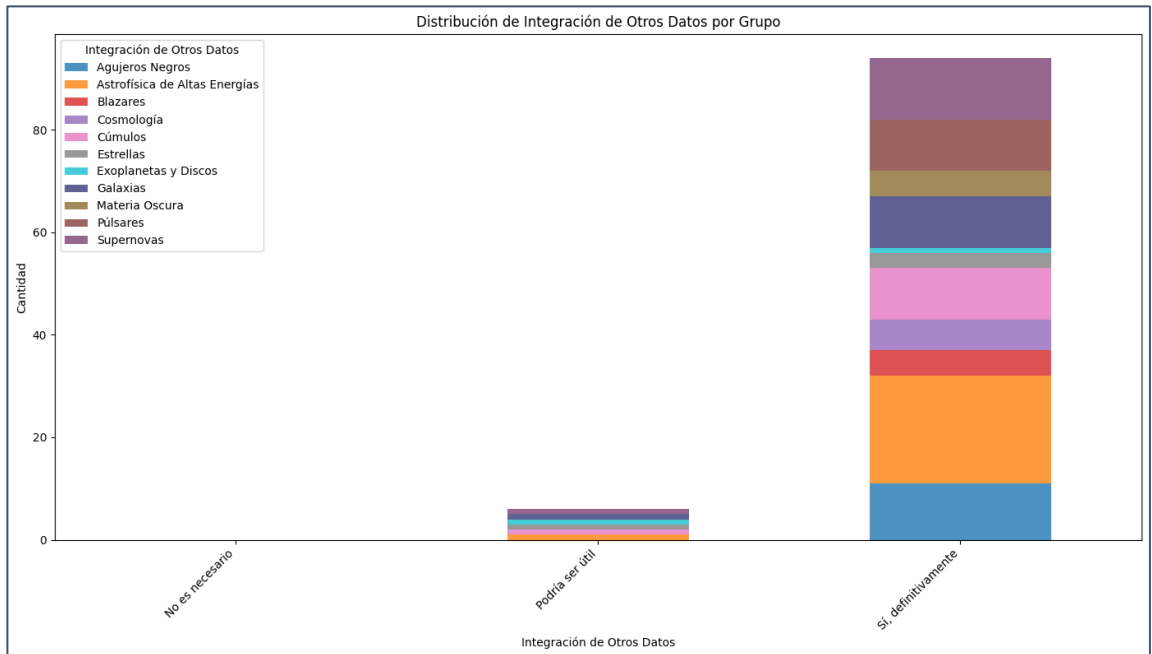
- Comparación de la misma región en diferentes épocas:





Para muchos investigadores la posibilidad de comparar la misma región del cielo en distintas épocas es “Muy útil” o “Útil”. Esto revela la necesidad de funcionalidad temporal: poder ver cómo evolucionan fuentes, remanentes, emisiones o flujos a lo largo del tiempo.

- Integración de otros datos:



La mayoría respondió “Sí, definitivamente” o “Podría ser útil”. Prácticamente todos tienen interés en comparar los datos gamma con rayos X, luz visible, infrarrojo, radio, microondas e incluso ondas gravitacionales. La complejidad multispectral es un requerimiento dominante.

- Principales Desafíos con Visualizaciones Anteriores: Se realizaron varias wordclouds para comprender los desafíos de las visualizaciones anteriores.

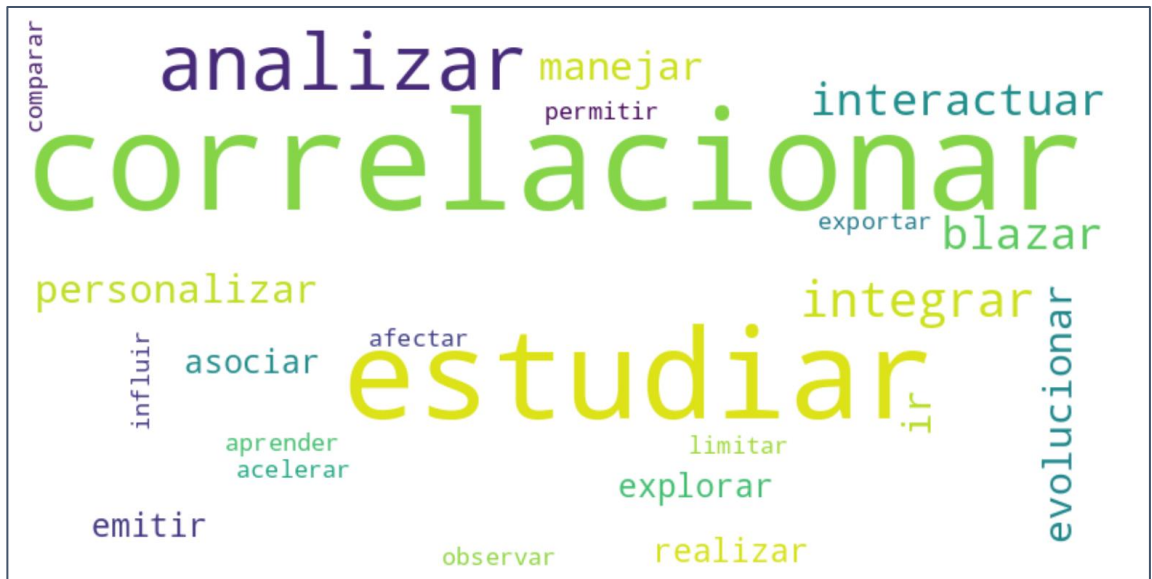
A continuación se muestra un hexagrama con lematización



Otro más específico con lematización buscando la combinación sustantivo, adposición, adjetivo, sustantivo se obtiene:



Los verbos relacionados son:

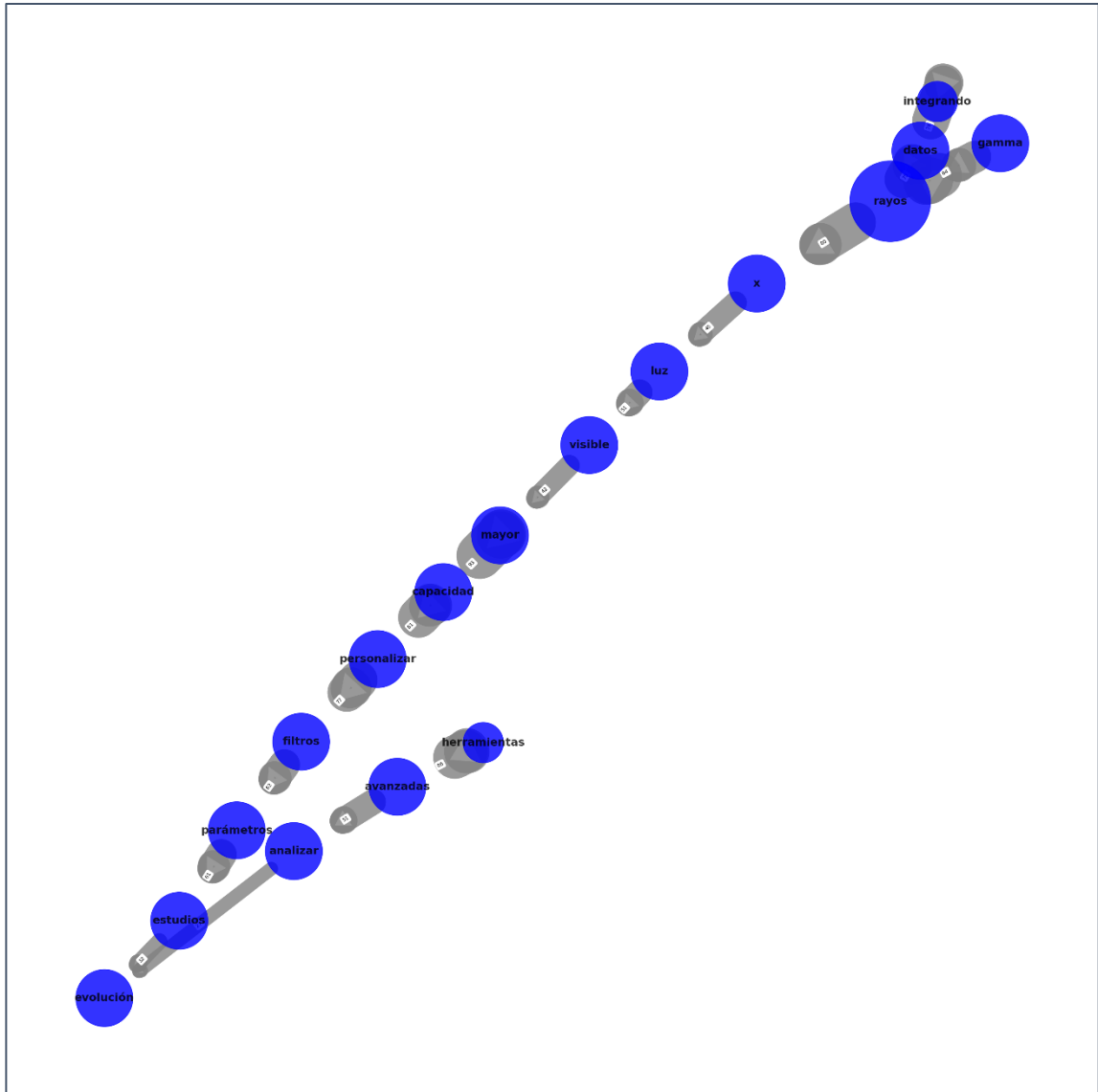


Luego, con estas ideas, y luego de haber leído las respuestas, se observa que los resultados muestran una repetición consistente de ciertos problemas:





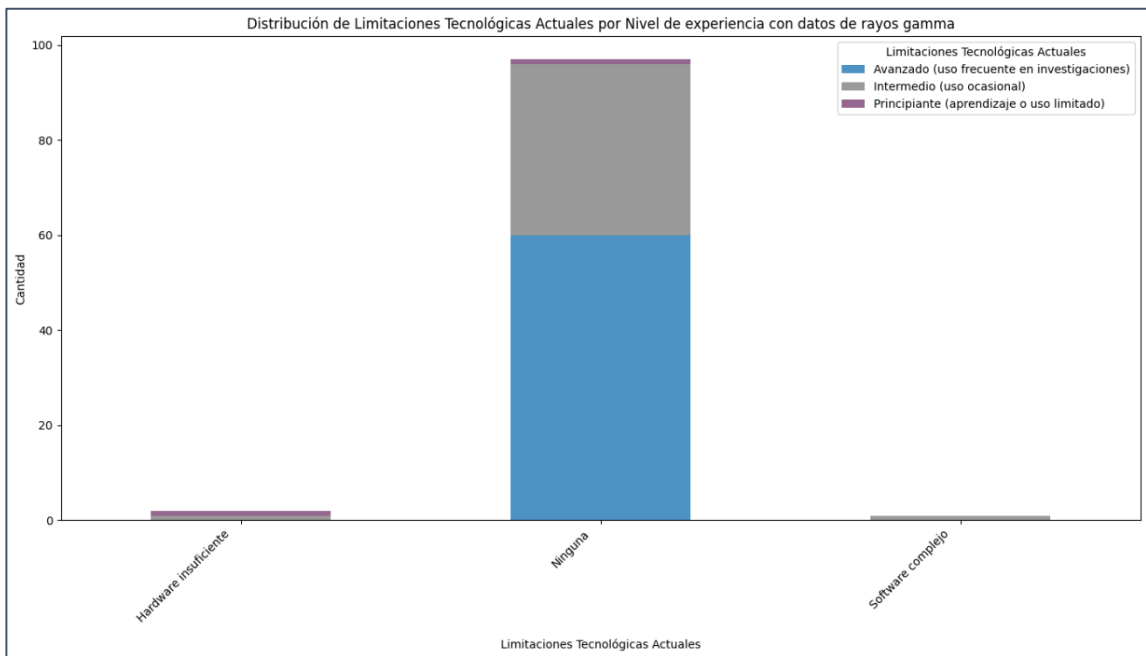
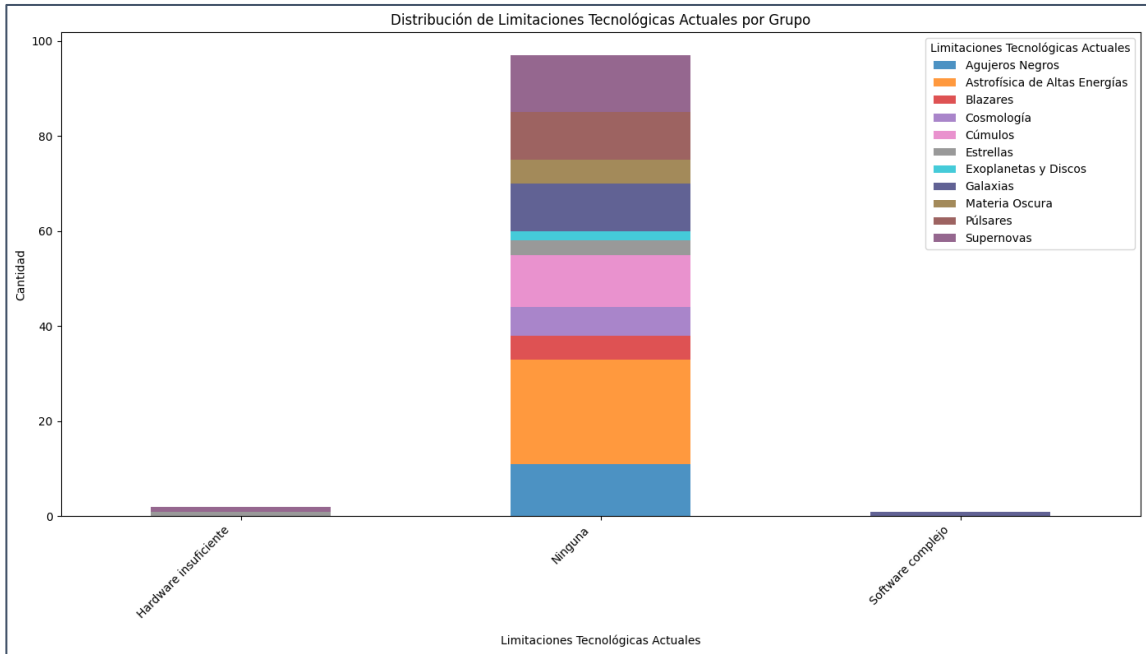
El siguiente grafo también nos permite entender mejor parte de las respuestas



- La mayoría sugiere:
  - Mayor integración de diferentes espectros electromagnéticos, luz visible, rayos X
  - Mejores opciones para personalizar la visualización (filtros, parámetros selección de tipos de fuentes, escalas de color, marker size).
  - Funcionalidades para manejar grandes volúmenes de datos (optimización, versiones ligeras).
  - Exportación de imágenes o datos en formatos flexibles para análisis posteriores.
  - Capacidad de ver evolución.

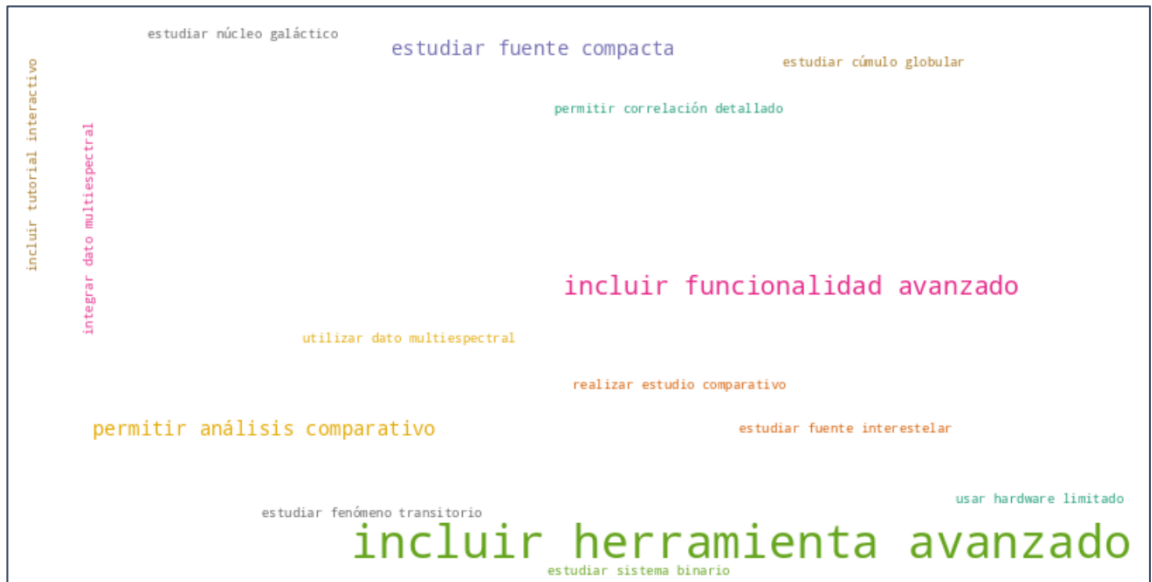
- Interfaz con capacidades avanzadas.

- **Limitaciones Tecnológicas Actuales:**



Muchos investigadores no reportan limitaciones tecnológicas (“Ninguna”), lo que implica





Las sugerencias abarcan añadir tutoriales para investigadores menos familiarizados, mejorar la resolución espacial para fuentes extendidas, funciones avanzadas de integración multiespectral, análisis temporal, y correlación con datos provenientes de otros experimentos (rayos cósmicos, neutrinos, ondas gravitacionales).

La encuesta muestra un patrón que tiene relación con la complejidad y diversidad de investigaciones astronómicas, estas requieren una visualización sumamente flexible, que integre datos multiespectrales, permita comparaciones temporales, maneje grandes volúmenes de datos, y ofrezca interactividad avanzada (filtros, personalización). Todos estos resultados refuerzan la idea inicial: una representación planetaria inmersiva, con capacidades de superposición de capas (rayos gamma, luz visible como las estrellas, constelaciones, datos personalizados) y acceso a diferentes espectros electromagnéticos.

## **Instrumento de Encuesta: Diseño, Aplicación y Resultados**

La aplicación del instrumento a 100 astrónomos, con diferentes especialidades y niveles de experiencia, permitió obtener una visión muy diversa y rica. Esta diversidad es fundamental, ya que el objetivo es diseñar una herramienta que pueda adaptarse a múltiples contextos y necesidades del grupo objetivo. Los datos del obtenidos desde los resultados de la encuestas muestran que todos los encuestados comparten la necesidad de interactividad avanzada y multiespectralidad, aunque el grado y tipo de personalización varíe con la experiencia y la especialización.

Cada astrónomo aporta matices a este panorama, confirmando que no hay una solución única y estática, sino que el diseño debe ser modular, expansible y capaz de ofrecer diferentes niveles de complejidad.

### ***Diseño de la visualización***

Con todo lo anterior, se propuso un diseño que diera solución, a gran parte de las necesidades de los usuarios. Respecto a esto, el diseño de la visualización permite:

1. Configurar la posibilidad de ver las estrellas más luminosas del cielo. Por lo tanto se incluye parte del rango visible.
2. Configurar las posibilidad de ver las constelaciones. Permite la ubicación espacial y por tanto facilita la búsqueda de patrones
3. Configura ver el nombre de las constelaciones. Esto permite contextualizar los datos de fermi con la ubicación espacial de elementos del visible.
4. Configurar ver el nombre de las estrellas. Esto permite contrastar observaciones de fenómenos con el visible.
5. Configurar cual es la variable a graficar. Permite capacidad de generar la visualización personalizada
6. Configurar el tamaño de la fuente puntual. Permite personalización.
7. Configurar los colores. Permite personalización y mejora de la visualización.
8. Configurar que eventos de fermi se mostrarán. Permite personalizar y enfocar en ciertos eventos.

9. Al pasar sobre un evento de Fermi para agregarlo, la plataforma muestra la información de lo que significa esa columna, facilitando la usabilidad y el entendimiento.
10. Configurar la visualización de eventos de Fermi que han sido clasificados con alta confianza y poder separarlos de los de baja confianza. En particular se puede mostrar por cada evento, ambos, cada uno por si solo, ambos juntos o ninguno.
11. Existe un checkbox que permite seleccionar todos. Esto facilita el flujo de trabajo en la creación, volviendo mas amigable la plataforma.
12. Permite seleccionar la información que se mostrará al pasar el mouse sobre el evento. Permite alta configurabilidad y exploración de datos interactiva.
13. Atmosfera: Se construyo una experiencia que sea rica a los sentidos, por una parte, enfocada como si se estuviera mirando el cielo de forma inmersiva, con con un background azul profundo que imita el cielo nocturno, y se completa con musicalización para inspiración.
14. Plano ecuatorial: Se construye un plano para situar al usuario como si estuviera pisando la tierra. Esto permite un sentido de arriba y abajo, la experiencia es desactivable.
15. Configuración de Marcas celestiales: Se agrega este, oeste, norte y sur para permitir una mejor ubicación.
16. Configuración de circulo ecuatorial. Se permite agregar o desactivar el circulo ecuatorial como referencia del esfera celeste.
17. Configuración de meridiano de referencia. Se permite activar, desactivar meridiano de referencia para ubicación.
18. Grilla de la esfera se agrega grilla de la esfera para mejor ubicación
19. Permite guardar distintas visualizaciones con distintas configuraciones.
20. Permite acceder a las visualizaciones creadas con anterioridad, esto permite tener un portafolio de distintas visualizaciones para buscar patrones.
21. Permite agregar datos propios. El proyecto permite subir archivos de tipo csv.
22. Permite eliminar datos propios. Los archivos que se suben a la pagina web, pueden ser eliminados completamente a petición del usuario mediante auto gestión
23. Privacidad de archivos y visualizaciones. Los archivos y las visualizaciones solo pueden ser vistas por la persona que las creo. Esto aporta seguridad de los datos que pueden tener carácter de confidencialidad.
24. Eliminación de visualizaciones. Las visualizaciones pueden eliminarse.
25. Uso de datos propios en la visualización. El sistema permite usar los datos propios en la visualización si es que se han subido con anterioridad. La plataforma permite:
  - Marcar que archivo se usará para mostrar datos propios, se puede seleccionar más de uno.
  - Elegir la columna de ascensión recta en grados,
  - La columna de declinación,

- La variable principal,
- Mediante checkbox, permite seleccionar todas las columnas del csv que se mostrarán cuando el mouse pase por encima del dato propio.
- Las columnas vienen preseleccionadas por comodidad

Todo lo anterior permite que un usuario pueda agregar datos de cualquier fuente (rayos x, infrarojo, datos de otra fecha) e incluirlos en la visualización. Esta característica, permite cumplir muchos de los requerimientos de búsqueda de patrones y visualización avanzada que se levantó en la encuesta.

## **Datos**

En esta sección se mostrará la selección y preparación de las fuentes de información. El objetivo de la visualización es ofrecer una representación integral del cielo en el rango gamma, con contexto astronómico y capacidad de integrar datos personalizados, por lo anterior se han considerado cuatro tipos principales de datos:

1. Datos del Catálogo Fermi LAT DR4 (14 años de operación del telescopio Fermi) desde [https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/14yr\\_catalog/gll\\_psc\\_v35.fit](https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/14yr_catalog/gll_psc_v35.fit)
2. Datos estelares del Catálogo HYG desde [The Astronomy Nexus](#)
3. Datos de constelaciones obtenidos de ficheros desde <https://ofrohn.github.io/> proyecto D3 - Celestial.
4. Datos personalizados aportados por el usuario en formato CSV.

Estas fuentes, exceptuando la de datos personalizados, se integran en una sola visualización, revisaremos su origen, formato, estructura interna y variables incluidas. A continuación, se detallan cada una de ellas.

## **Datos del Catálogo Fermi LAT DR4**

El Telescopio Espacial Fermi (de la NASA), mediante su instrumento principal, el Large Area Telescope (LAT), observa el cielo cubriendo aproximadamente el 20% del cielo en un momento dado y completando una cobertura total cada ~3 horas. Durante más de 14 años, el LAT ha acumulado un conjunto de datos que este trabajo utilizará como base de estudio.

Los datos del catálogo Fermi LAT DR4 provienen directamente de la misión Fermi operada por la NASA, a través del Fermi Science Support Center (FSSC) del NASA Goddard Space Flight Center. El catálogo DR4 (a menudo identificado con la denominación 4FGL-DR4) se encuentra disponible en la página oficial del FSSC (<https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/>) y forma parte de una serie de lanzamientos de datos (Data Releases) acumulativos, cada uno refinando y ampliando el conjunto anterior.

- **Formato (FITS):** El catálogo Fermi LAT DR4 se distribuye típicamente en formato FITS (Flexible Image Transport System), estándar en astronomía, que permite almacenar datos de manera estructurada junto con meta-información completa en sus cabeceras. Un archivo FITS puede contener varias extensiones, incluyendo tablas binarias con columnas para RA (Ascensión Recta), DEC (Declinación), clasificaciones de fuentes (CLASS1), flujos energéticos en diferentes rangos (e.g., Flux1000), curvas de luz, parámetros espectrales, índices de energía, significancia estadística (TS), entre otros.

- **Variables y Estructura:** El catálogo incluye más de 6,000 fuentes de rayos gamma, cada una con sus coordenadas celestes precisas (RAJ2000, DEJ2000), una clasificación tentativa con nivel de certeza dado por la misma nomenclatura. Un evento de fermi como un pulsar en minúsculas psr, indica que con baja confianza ese evento corresponde a un pulsar. En cambio si el fenómeno está escrito en mayúsculas como PSR, existe un alto grado de confianza que ese evento dentro del catálogo sea un púlsar. Además el catálogo incluye valores de flujo integrados, índices espectrales y otras magnitudes derivadas del análisis de datos Fermi LAT. Además, se proporcionan datos históricos, información sobre las incertidumbres en el flujo, y en muchos casos hay referencia a cómo esas fuentes fueron identificadas o asociadas con contrapartidas en otros espectros.
- **Relevancia:** Estos datos forman la columna vertebral de la visualización, ya que el objetivo principal es representar el cielo gamma tal como lo ve Fermi. Sin estos datos, no se podría ofrecer el contexto espacial de las fuentes de alta energía, ni aprovechar la clasificación y la información espectral que brinda el catálogo.

### **Datos Estelares (Catálogo HYG)**

Para contextualizar las fuentes de rayos gamma dentro del entorno astronómico más amplio (visible, cercano, conocido por la comunidad), se han integrado datos del catálogo HYG. El HYG Database es un compilado que reúne información de las estrellas más brillantes, combinando datos de varios catálogos, entre ellos Hipparcos, Yale Bright Star Catalog y Gliese Catalog, con datos obtenidos de proyectos como el Henry Draper (HD)

Catalog, Tycho-2 y otros. El nombre “HYG” se origina de la integración de HIP (Hipparcos), Yale Bright Star Catalog y Gliese.

- **Procedencia:**

El catálogo HYG se encuentra disponible públicamente en internet, alojado en repositorios especializados (<https://www.astronexus.com>). Se ha seleccionado la versión v3 (o la más actual disponible al momento del desarrollo), un CSV que compila información de miles de estrellas brillantes, con columnas que incluyen coordenadas RA/DEC en horas y grados, magnitud aparente, luminosidad, nombres propios cuando disponibles, denominaciones Bayer/Flamsteed, espectros y otras características.

- **Formato (CSV):** El catálogo HYG se provee en formato CSV (Comma-Separated Values), facilitando su ingestión con herramientas como Python y Pandas. Este formato es simple, no contiene las estructuras complejas ni las cabeceras ricas en meta-información del FITS, pero su sencillez permite una manipulación más directa y flexible.

- **Variables Relevantes:** Del HYG se utilizan principalmente las coordenadas RA/DEC (convertidas adecuadamente de horas a grados y luego a radianes), la magnitud estelar (para asignar brillo y tamaño relativo de los marcadores), la luminosidad y, en algunos casos, el nombre propio de las estrellas más notables. Estas referencias estelares sirven de “marco” visual para que el astrónomo se oriente en el cielo, ya que sin este contexto, las fuentes gamma “flotarían” en un entorno abstracto.

- **Razón de su Inclusión:** Incluir datos estelares permite al usuario identificar regiones del cielo con referentes familiares, reconocer constelaciones y ubicar fuentes gamma en relación a estructuras estelares conocidas. Esto agrega un componente educativo y una dimensión astronómica más profunda a la visualización.

### **Datos de Constelaciones (Archivos JSON)**

Otra capa de contexto astronómico proviene de datos de constelaciones. Las constelaciones, si bien construcciones culturales e históricas, sirven como guías visuales para entender la posición de las fuentes en el cielo. Al trazar líneas entre estrellas que forman patrones (constelaciones clásicas), se ofrece al usuario una referencia intuitiva para ubicar regiones del firmamento. Astrónomos y hobbistas de distintos niveles, al nombrar una constelación, saben como ubicarla en el cielo, esto permite unir constelaciones con eventos que generan rayos Gamma.

- **Procedencia:** Los datos de constelaciones suelen provenir de archivos JSON mantenidos en repositorios públicos (por ejemplo, el conjunto de datos del proyecto D3-Celestial en GitHub, o de otras fuentes astronómicas que recopilan las líneas que unen las estrellas en cada constelación). Estos datos suelen contener listas de pares de coordenadas RA/DEC que definen los trazados lineales característicos de cada constelación.
- **Formato (JSON):** El JSON es un formato flexible, con cada objeto representando una constelación, sus líneas y, en ocasiones, su nombre abreviado y completo.

Estas líneas se convierten a coordenadas cartesianas (x,y,z) de la misma manera que las coordenadas estelares, trazándolas sobre la esfera de visualización.

- **Importancia en la Visualización:** Las constelaciones añaden un elemento familiar para los astrónomos (y para el público general) que observan el cielo. Permiten identificar regiones bien conocidas (por ejemplo, la constelación de Orión), lo que facilita reconocer la región del cielo que se está explorando en la visualización planetaria. Esto es esencial para ubicar las fuentes gamma en un marco culturalmente conocido.

### **Datos Personalizados del Usuario (CSV)**

Una característica clave que se identificó como necesidad en las encuestas es la capacidad de agregar datos personalizados. No todos los usuarios se limitarán a fuentes del catálogo Fermi o estrellas del HYG; muchos desearán integrar sus propios datasets, por ejemplo:

- Catálogos de rayos X provenientes de otros telescopios (Chandra, XMM-Newton).
- Datos de radioastronomía de observatorios terrestres.
- Información espectral de fuentes específicas investigadas por el usuario.
- Resultados de simulaciones cosmológicas o distribuciones de materia oscura hipotéticas.
- Datos de otros proyectos experimentales (neutrinos, rayos cósmicos, ondas gravitacionales).
- **Formato (CSV):** Se asume que el usuario aportará un archivo CSV con al menos columnas para RA y DEC, y una o varias columnas adicionales que puedan

codificarse visualmente (por ejemplo, flujo, una magnitud física, una variable personalizada). Este CSV puede tener delimitadores como comas o punto y coma, y el sistema debe detectarlos.

- **Relevancia:** Esta flexibilidad coloca al usuario en control, permitiéndole superponer sus datos a la visualización planetaria. Así se fomenta la investigación personalizada, pruebas de hipótesis, comparación con fuentes Fermi LAT, búsqueda de correlaciones y análisis multidisciplinario.
- **Desafíos Adicionales:** A diferencia de los catálogos Fermi, HYG o las líneas de constelaciones (bien estructurados y conocidos), los datos del usuario pueden variar en calidad, completitud, formato y contenido. Será necesario contar con rutinas de verificación, detección de delimitador, manejo de valores faltantes y conversión cuidadosa de RA/DEC. Esto se abordará en las secciones sobre limpieza y normalización.

### **Relevancia y Combinación de las Fuentes**

La integración de estas cuatro fuentes (Fermi LAT DR4, HYG, constelaciones, datos del usuario) responde a la necesidad de ofrecer una visualización rica, interactiva y contextualizada:

- **Datos Fermi (FITS):** Proporcionan la base: la distribución global de fuentes gamma, la esencia del trabajo.
- **HYG (CSV):** Añade el telón de fondo estelar, orientando al usuario en el cielo y relacionando el mundo gamma con el cosmos visible.

- **Constelaciones (JSON):** Sirven de referencia cultural y astronómica, facilitando la identificación de regiones y constelaciones clásicas.
- **Datos del Usuario (CSV):** Habilitan la personalización y la expansión de las capacidades analíticas, permitiendo superponer información propia.

Al combinar estas fuentes, se logra una visualización planetaria que trasciende a la simple exhibición de datos gamma. En lugar de una proyección pasiva, se convierte en un entorno vivo, interactivo, que contextualiza el universo de rayos gamma dentro de la esfera celeste completa, enlazando diferentes longitudes de onda y datos adicionales.

- Metodología

### **Limpieza, normalización y preparación de datos**

La calidad y utilidad de cualquier visualización dependen directamente de la calidad y consistencia de los datos que la alimentan. En el caso de la visualización planetaria interactiva de fuentes de rayos gamma, se parte de un conjunto de fuentes muy diferentes: un catálogo Fermi LAT en FITS con datos complejos y variados, un catálogo HYG en CSV con estrellas, archivos JSON con líneas de constelaciones, y potencialmente un número indefinido de archivos CSV personalizados aportados por el usuario. Por lo tanto, es necesario un pipeline robusto y sistemático para asegurar:

La conversión de distintos formatos a un modelo interno coherente.

- La detección y el manejo de valores faltantes, formatos no estándar y variables mal definidas.
- La normalización de coordenadas (RA/DEC) a radianes y su conversión a coordenadas cartesianas (x, y, z) apropiadas para la representación esférica.
- La normalización de variables visuales (tamaños, colores, escalas) a rangos coherentes en la visualización.
- La integración armónica de datos multiespectrales y multifuente, preservando metadatos como nombres, tipos de fuentes, magnitudes.

A continuación se detallan las estrategias y consideraciones específicas para cada tipo de datos.

### ***Ingesta de Datos en Distintos Formatos***

La diversidad de formatos (FITS, CSV, JSON) exige el uso de librerías y herramientas especializadas:



que son esenciales para la representación estelar. Si se detectan filas sin RA o DEC, éstas se descartan, ya que no es posible ubicar la estrella en el cielo. En casos raros, magnitudes faltantes pueden llenarse con un valor por defecto o eliminar esa fila. Por lo general, el HYG es limpio y no requiere una gran depuración, pero se deben asegurar las conversiones (RA en horas a grados, DEC en grados) para una interpretación coherente.

Constelaciones (JSON):

Los archivos JSON de constelaciones suelen estar muy estructurados y no se espera ruido significativo. Cada constelación se compone de líneas, y cada línea de pares de coordenadas (RA, DEC). Se verifica que RA y DEC tengan valores válidos. En caso de un dato extraño o faltante, se podría descartar esa línea. En general, estas estructuras suelen ser limpias y estables, por lo que la tarea se limita a la conversión de coordenadas.

Datos del Usuario (CSV):

Aquí reside el mayor desafío de limpieza. El usuario puede proporcionar datos arbitrarios.

Por ello:

Se detecta el delimitador (coma, punto y coma).

Se chequea la existencia de columnas RA y DEC (o nombres equivalentes especificados por el usuario). Si faltan, se detiene el proceso o se notifica al usuario.

Se intenta convertir RA/DEC a grados y radianes. Si RA/DEC no son numéricos, se descartan esas filas.

Este proceso asegura que, al finalizar la verificación de calidad, cada fuente de datos esté en un estado mínimo aceptable para continuar.

### *Limpieza Específica para Cada Fuente*

- **Fermi LAT DR4:**
  - Reemplazo de valores vacíos en CLASS1 por “unclassified”.
  - Eliminación de fuentes sin coordenadas si llegara a suceder (muy improbable).
  - Ajuste de tipos numéricos a flotantes nativos.
  - Si el catálogo incluye arrays multidimensionales (como columnas con datos históricos), se decidió no mostrarlas como no soportadas en la primera versión.;
  - En general, se conservarán los datos, pero la visualización principal requiere RA/DEC y un valor principal como el flujo (Flux1000).
- **HYG:**
  - Conversión de RA en horas a grados ( $RA\_deg = RA\_horas * 15$ ), luego a radianes ( $RA\_rad = RA\_deg * \pi/180$ ).
  - Dec se asume ya en grados, convirtiéndola a radianes.
  - Se verifican magnitudes negativas o muy altas; aunque normal en astronomía, se pueden mapear a escalas de color/tamaño.
  - Si una estrella carece de magnitud, no se mostrará
- **Constelaciones:**
  - Cada par (RA\_deg, DEC\_deg) se convierte a radianes y posteriormente a cartesianas (x, y, z).
  - No se aplican filtros, ya que las constelaciones son un conjunto fijo de líneas y es improbable que contengan errores.
  - Si una coordenada es inválida, se descarta esa línea, aunque esto rara vez ocurre.
- **Datos del Usuario (CSV):**
  - El proceso de limpieza es más flexible.
  - Por ejemplo, si el usuario aporta una columna RA en formato hh:mm:ss (horas, minutos, segundos), se convierte a grados y luego a radianes.

- Si viene en grados decimales, se pasa directamente a radianes. DEC se trata igual.
- Si la columna para tamaño o color está ausente, se usa una escala por defecto. Si hay valores no numéricos en columnas que se pretenden mapear a variables visuales, se omiten..

### ***Normalización y Unificación de Coordenadas***

El paso crítico para la visualización es la conversión de coordenadas esféricas (RA, DEC) a cartesianas (x, y, z). Esto permite trazar las fuentes en una esfera unitaria:

- RA y DEC se convierten primero a radianes.
- Se define la esfera unitaria como radio  $r=1$ .
- $x = \cos(\text{DEC\_rad}) * \cos(\text{RA\_rad})$
- $y = \cos(\text{DEC\_rad}) * \sin(\text{RA\_rad})$
- $z = \sin(\text{DEC\_rad})$

Este sistema garantiza una correspondencia unívoca entre cada fuente y un punto sobre la esfera, permitiendo rotar, acercar y manipular la visualización sin perder coherencia espacial.

### ***Estandarización de Variables para Visualización***

Para codificar las fuentes gamma, estrellas y datos personalizados en la visualización, se asignan variables visuales a tamaño, color, opacidad u otras propiedades gráficas. Por ejemplo:

- Flujo (en el catálogo Fermi): Si la columna Flux1000 varía en órdenes de magnitud muy distintos, se aplica una normalización logarítmica o min-max scaling. Así, se evita que una fuente con flujo excepcionalmente alto genere marcadores gigantes y el resto apenas visibles.

Del mismo modo, las escalas de color (colormaps) pueden ajustarse para resaltar diferencias sutiles.

- **Magnitud Estelar (HYG):** Las magnitudes estelares (donde valores menores implican estrellas más brillantes) se invierten o ajustan para que estrellas más brillantes tengan marcadores más grandes o colores más claros. Por ejemplo, se puede usar min-max scaling entre la magnitud mínima (estrella más brillante) y máxima (estrella más débil) para asignar tamaños de marcadores entre 2 y 10 píxeles, o colores más o menos intensos.
- **Datos del Usuario:** El usuario puede definir qué columna usar para el tamaño o color de los marcadores. Si una columna varía entre 0 y 10,000, se puede normalizar a un rango 0-1. Si es logarítmica, se aplicará una transformación log. La elección depende de la naturaleza física de los datos. Este paso es flexible y, idealmente, configurable por el usuario. En la primera versión, los datos siempre se normalizan.

### ***Estandarización del Formato Interno***

Después de la limpieza y normalización, todos los datos se convierten a un formato interno coherente. Por ejemplo, se puede mantener:

- Un DataFrame maestro para fuentes Fermi, con columnas: Source\_Name, RA\_rad, DEC\_rad, x, y, z, CLASS1, Flux, etc.
- Otro DataFrame para estrellas (HYG) con: Star\_ID, RA\_rad, DEC\_rad, x, y, z, mag, lum, name.
- Estructuras en memoria para constelaciones: Listas de triples (x, y, z) para cada segmento de línea, ya convertidas a cartesianas.
- DataFrame(s) para datos del usuario: RA\_rad, DEC\_rad, x, y, z y las columnas personalizadas normalizadas.

Esta unificación facilita la interacción con librerías de visualización (Plotly, por ejemplo), que requieren datos en formatos tabulares o arrays numéricos.

### ***Documentación y Registro del Proceso***

Para asegurar reproducibilidad, se documenta cada paso de la limpieza:

- Qué filas se eliminaron y por qué.
- Qué variables se normalizaron y bajo qué criterio.
- Cómo se trataron valores faltantes.
- Cualquier supuesto aplicado a los datos del usuario.

Esta documentación es valiosa para usuarios finales y para actualizaciones futuras de la herramienta, en caso de nuevas versiones del catálogo Fermi u otros catálogos estelares.

### **Diseño de la visualización y flujo de trabajo**

Después de identificar el dominio, las necesidades de los usuarios (Sección 3), las fuentes de datos y su preparación (Sección 4 y 5), es el momento de configurar cómo se mostrará la información en una visualización planetaria interactiva. El diseño no es una etapa aislada, sino el resultado lógico de un proceso de entendimiento del problema, la caracterización de las tareas y la consideración de las herramientas técnicas disponibles. En esta sección se aplica el modelo anidado de Tamara Munzner (2009) y se detallan las decisiones sobre codificación visual, interacción, filtros, integración de datos, y finalmente, se describe el pipeline de trabajo completo.

#### ***Adopción del Modelo Anidado de Munzner***

Tal como se mencionó en la revisión del estado del arte, el modelo anidado de Tamara Munzner (2009) ofrece una guía estructurada para el diseño y validación de visualizaciones. Este modelo comprende cuatro niveles:

1. **Dominio** **y** **Datos:**  
En este nivel, se definen el contexto y las preguntas que la visualización debe

responder. En nuestro caso, el dominio es la astronomía de altas energías, específicamente los datos de rayos gamma del Telescopio Fermi LAT, complementados con datos estelares, constelaciones y catálogos personalizados. El objetivo general es facilitar la exploración, comparación, correlación y análisis de fuentes gamma en el contexto del cielo completo, integrando además otros espectros y capas de información astronómica.

## 2. **Abstracción de Datos y Tareas (Data/Task Abstraction):**

Aquí traducimos el problema astronómico a términos visuales. Los datos astronómicos (RA, DEC, flujos, clasificaciones) se abstraen como puntos sobre una esfera, con atributos como color, tamaño, transparencia. Las tareas incluyen:

- Explorar patrones espaciales (navegar la esfera, rotar, hacer zoom).
- Filtrar fuentes por tipo (púlsares, AGN, GRBs) o por rango de flujo.
- Comparar épocas diferentes (datos históricos, o introducir la idea de capas temporales).
- Integrar datos personalizados (permitir al usuario superponer sus propios catálogos).
- Comparar con otros espectros (rayos X, visible) al permitir superponer datos custom o cambiar escalas de color.
- Exportar imágenes, datos y configuraciones para uso posterior.

La abstracción de tareas también refleja las necesidades extraídas de las encuestas: los usuarios requieren interactividad avanzada, integración multiespectral, comparación temporal, exportación y filtrado dinámico.

## **Diseño de Codificación Visual e Interacción (Visual Encoding/Interaction Design):**

Sobre la base de las abstracciones, se decide cómo “dibujar” y “manipular” la información. Se opta por:

- **Visualización esférica (planetaria):** La esfera celeste se representa con coordenadas cartesianas (x, y, z) calculadas a partir de RA/DEC. Esta decisión responde a la necesidad de representar el cielo completo sin las distorsiones de una proyección 2D.

- **Marcas y Canales Visuales:** Las fuentes gamma se representan como marcadores (esferas o puntos) cuyas propiedades (color, tamaño) se asignan según variables como el flujo. Estrellas del HYG se muestran como puntos más pequeños, codificados por su magnitud. Las líneas de constelaciones se trazan como líneas blancas o de color sutil para no distraer la atención.
  - **Interacción Avanzada:** Se habilita la rotación con el mouse (drag), el zoom con rueda del mouse o botones, la selección de capas (check para mostrar/ocultar estrellas, constelaciones, datos propios), filtros para restringir la visualización a un tipo de fuente (ej. solo púlsares), y escalas de color ajustables. Un formulario, el panel de creación permite al usuario elegir variables para codificar tamaño y color, cargar su CSV personalizado, y filtrar fuentes por rango de flujo o tipo espectral.
  - **Hover y Tooltips:** Al pasar el cursor sobre una fuente, se muestra información detallada (nombre, tipo, flujo, etc.). Esto aporta el detalle necesario sin saturar la vista global. Un formulario permite definir que información se utilizaraá al pasara el ratón por encima.
3. **Diseño de Algoritmos (Algorithm Design):**  
 La implementación emplea Python, Astropy, Pandas, Plotly y librerías auxiliares para cargar, limpiar y procesar datos (ya descrito en Sección 5). El rendering se realiza con Plotly en modo 3D, generando una escena interactiva en HTML, con un archivo final que el usuario puede abrir en su navegador a través del sitio web donde se alojan las visualizaciones. La cámara inicial se coloca apuntando hacia coordenadas RA=0, DEC=0 (el centro del cielo), pero el usuario puede rotar libremente.

### *Elección de Visualización Esférica*

Como se mencionó en la introducción se elige una esfera 3D en lugar de una proyección 2D. Esto para evitar distorsiones de áreas, formas o distancias como en la proyección Aitoff o la Hammer, La esfera es una representación más natural del cielo, ya que las coordenadas RA/DEC mapean naturalmente a una superficie esférica. Además, el usuario final, esta acostumbrado a entender el firmamento como una bóveda celeste, por lo que

encuentra más intuitivo navegar en tres dimensiones, rotando la esfera y “mirando” distintas direcciones, sin las limitaciones de la vista plana.

### ***Interacción y Usabilidad***

Dado que la encuesta reveló la importancia de la interactividad (rotación, zoom, agregar filtros, personalizar datos), se implementan controles amigables:

- **Rotación y Zoom:** Por defecto, la interacción con la escena 3D de Plotly permite girar, inclinar y acercar/alejar la esfera con el mouse.
- **Filtros y Capas:** Un panel lateral, que es la leyenda permite:
  - Activar/desactivar estrellas del HYG.
  - Activar/desactivar líneas de constelaciones.
  - Seleccionar qué tipos de fuentes gamma mostrar (púlsares, AGN, GRBs, etc.).
  - Previo a la visualización, en el momento de la creación, es posible filtrar por eventos.
- **Comparación Multiespectral y Temporal (Futuras Extensiones):** En esta fase el enfoque es espacial, se deja abierta la puerta a integrar datos temporales o espectros distintos, y opciones para cambiar escalas de color según energía, facilitando a futuro la incorporación de funciones solicitadas por los astrónomos en las encuestas. Este trabajo no profundizó en los datos temporales y probablemente es un punto de mejora.

### ***Integración de Datos Personalizados***

El usuario puede cargar un CSV propio. Al hacerlo:

- Una rutina de limpieza y normalización se debería ejecutar (en construcción) (Sección 5).
- Se añaden trazas 3D adicionales a la escena, codificando las variables del CSV según la configuración elegida. Por ejemplo, si el usuario trae datos de un observatorio de rayos X, podrá escoger su columna de intensidad para el tamaño del marcador, y la herramienta mostrará ambas capas (gamma de Fermi y rayos X del usuario) sobre la esfera, permitiendo buscar correlaciones espaciales. Además

podrá incluir información de otras columnas de su archivo de entrada, para mostrarla en el momento que el usuario que visualiza, pase su mouse sobre el evento personalizado.

Esta integración fomenta un análisis más profundo y personalizado, que se corresponde con lo que pedían las encuestas.

### ***Herramientas Software Empleadas***

- **Python:** Lenguaje principal para el pipeline de datos y la generación de HTML final.
- **Astropy y Pandas:** Para cargar, limpiar y transformar datos FITS, CSV.
- **Plotly:** Para generar la escena 3D interactiva en un archivo HTML estático, sin requerir servidores. Plotly ofrece soporte nativo para scatter3d, lines3d y colorbars, facilitando la codificación visual.
- **json (Python):** Para leer las constelaciones en JSON.
- **Flask:** El sitio web se montó con flask.
- **Mysql v8.0:** la base de datos mantiene record de las visualizaciones y de los datos en general a mostrar,
- **Docker y Docker Compose:** El servicio se deja en un contenedor levantado en la nube con Docker-compose.

Esta combinación proporciona flexibilidad y potencia, sin depender de herramientas propietarias. El resultado es un sitio web que es capaz de generar un HTML y alojarlos dinámicamente para el usuario puede revisar la visualización.

### ***Pipeline Completo desde la Descarga de Datos hasta la Visualización***

#### **1. Descarga y Preparación de Datos:**

- El catálogo Fermi LAT DR4 (FITS) se descarga desde el Fermi Science Support Center.
- El catálogo HYG (CSV) se obtiene del repositorio público (e.g., astronexus).

- Los datos JSON de constelaciones se descargan del repositorio abierto D3- Celestial
- El usuario, si lo desea, puede proporcionar un CSV personalizado localmente.

## 2. Carga y Limpieza (Sección 5):

- Con Astropy se abre el FITS de Fermi, extrayendo RA, DEC, CLASS1, Flux, etc.
- Con Pandas se lee el CSV HYG, convirtiendo RA, DEC, magnitudes, luminosidades.
- Con json se leen las líneas de constelaciones.
- Si el usuario sube un CSV, se detecta el delimitador, se validan RA/DEC, se normalizan variables.

## 3. Normalización y Conversión a Cartesianas:

- RA/DEC de todas las fuentes (gamma, estrellas, datos del usuario) se convierten a radianes y luego a x,y,z.
- Variables para color y tamaño se escalan a rangos adecuados (por ejemplo, tamaño de 2 a 15 píxeles, color de una escala viridis o plasma, flujos muy altos se ajustan logarítmicamente).

## 4. Generación de Trazas 3D con Plotly:

- Una o varias “Scatter3d” trazes para fuentes gamma.
- Una “Scatter3d” para estrellas.
- “Scatter3d” con mode ‘lines’ para constelaciones.
- “Scatter3d” para datos del usuario.
- Controles de leyendas, colorbars, menús para filtrar (update menus, botones en Plotly) o se implementa una capa externa (HTML/JavaScript) que modifique el gráfico.
- Se implementa un botón para volver a la posición inicial, después de navegar.

## 5. Guardado en HTML Interactivo:

- Con `pio.write_html(fig, file='visualizacion.html', auto_open=False)` se genera el archivo final. Este se guarda en una carpeta templates, donde

existen los templates del proyecto que conforman el sitio web. Mediante el endpoint `view/nombra archivo`, se puede visualizar la vista planetaria, siempre y cuando el usuario se haya logueado.

#### **6. Uso Final y Retroalimentación:**

- El astrónomo primero define los elementos que va a tener su visualización, y que datos va a incluir, luego, puede seleccionar entre sus visualizaciones creadas cual visualización ver, luego en el navegador se muestra la esfera, es capaz de navegar por la esfera celeste, filtrar por tipo de fuente, revisa sus datos compuestos en la esfera celestes, compara flujos, exporta imágenes (opción nativa de Plotly: botón “Download as PNG”), y evalúa patrones espaciales.
- Si se requieren mejoras, el pipeline es flexible para incorporar nuevos catálogos, nuevas variables o ajustar escalas.

## Resultados

A partir de lo anterior se construyo un producto de datos, se recorrerán las distintas vistas y en cada una se explicará, cuando corresponda, el trabajo con datos realizados. Los detalles de la implementación del sitio web, si bien le dan forma al producto, su explicación es larga y se aleja del tema principal de este trabajo, por lo que las líneas generales se incluyen en los anexos mientras que el foco estará en el trabajo con los datos de interés, para evitar una extensión innecesaria de explicaciones.

### Página principal

La página principal del sitio web, alojada en f11.cl:8000, tiene dos funcionalidades. En la parte izquierda de la pantalla se encuentra un formulario para registrarse mientras que en el sector derecho se encuentra un formulario para acceder con los datos ya registrados.



The screenshot displays the main page of 'PROYECTO FERMI'. At the top, a dark header contains the title 'PROYECTO FERMI' in white. Below the header, the page is divided into two columns. The left column is titled 'Register' and contains four input fields: 'First Name:', 'Last Name:', 'E-mail:', and 'Password:'. Below these fields is a 'Confirm Password:' field and a blue 'Register' button. The right column is titled 'Login' and contains two input fields: 'E-mail:' and 'Password:'. Below these fields is a blue 'Login' button. At the bottom of the page, a dark footer contains the text 'Creado por Sergio Angulo Cáceres - Chile'.

Ambos formularios permiten la entrada al siguiente, menú:



El menú contiene 5 entradas.

1. Mis visualizaciones: el usuario puede ver y administrar las visualizaciones que ha creado con anterioridad y se puede acceder a la visualización planetaria interactiva como se verá más tarde.
2. Archivos cargados: el usuario puede revisar y administrar los archivos que ha cargado con anterioridad.
3. Nueva Visualización: el usuario puede crear una nueva visualización.
4. Subir nuevo archivo: el usuario puede subir un nuevo archivo de datos, cuyo formato debe ser csv. Atendiendo a que los datos pueden tener distintos formatos, no se exige casi nada, solo que tenga al menos 3 columnas, como se explicará más tarde.
5. Salir: Presionando en salir, el usuario se deslogueará.

Es importante mencionar, que los datos subidos a la plataforma, tanto como las visualizaciones creadas, solo son visibles por le usuario que las creó.

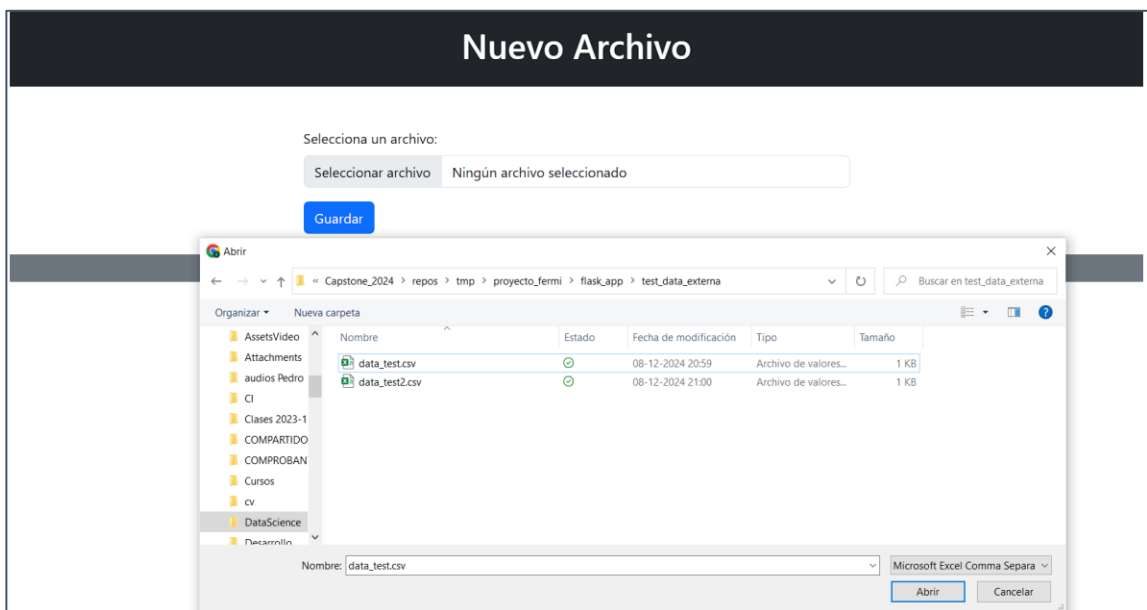
A continuación, entraremos en cada uno de los menús mencionados para entender como sería un flujo completo. En este sentido, primero subiremos un nuevo archivo de datos, luego entraremos en archivos cargados para entender que se visualizará, luego crearemos una nueva visualización, entraremos en Mis visualizaciones y accederemos a la visualización mediante el botón “ver”

### **Subir nuevo archivo**

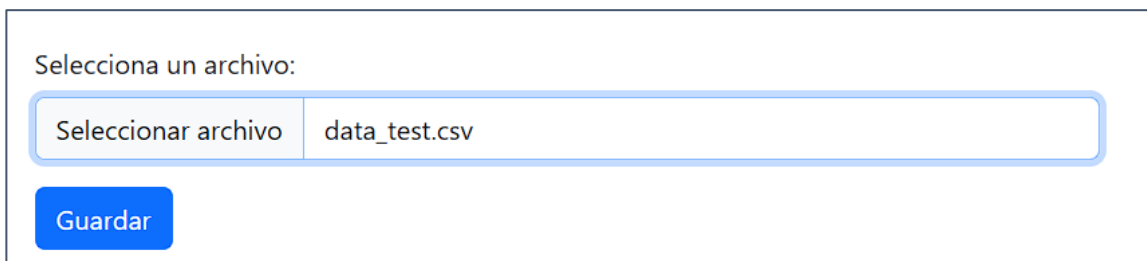
Al entrar se ve la siguiente interfaz de usuario.



Al hacer clic en Seleccionar archivo, se despliega un buscador:



Al seleccionar el archivo data\_test.csv observamos que:



Al presionar el botón guardar se observa que el archivo será guardado llevándonos a la vista mis Archivos

## Mis Archivos

En la vista mis archivos, aparecen los archivos creados, la única opción disponible en este caso es borrar. Los botones salir y principal, permiten desloguearse y volver al menú inicial respectivamente.



## Nueva Visualización

A partir de esta vista, comienza el trabajo con los datos; en el momento que entra a nueva visualización, las columnas de los archivos que hayan sido subidos por el usuario son analizados y se cargan los nombres de las columnas para poder seleccionarlos como veremos más tarde.

El menú es bastante extenso, pero se divide en partes funcionales, estas son

1. Identificación de la visualización
2. Parámetros Generales
3. Eventos a Visualizar
4. Detalles a mostrar por evento
5. Selección de datos personalizados.

Recorreremos cada parte

## ***1 Identificación de la visualización***

En la primera sección, el usuario puede poner un nombre a la visualización para identificarla en el panel, un título que será mostrado en la visualización, su nombre y correo que aparecerán en la parte superior del gráfico.

**Visualizaciones**

**Nombre de la visualización:**

**Título:**

**Nombre del autor:**

**Email del autor:**

## ***2. Parámetros Generales***

En esta sección se pueden seleccionar la visualización de las estrellas, el nombre de las estrellas más importantes, mostrar las líneas de constelaciones, mostrar los nombres de las constelaciones. Para efectos de la visualización se genera un plano horizontal, con grilla o sin grilla, se puede mostrar la esfera con grilla o sin grilla.

Además se pueden seleccionar los marcadores celestes, que son las marcas de donde se encuentra el oeste, este norte y sur como referencias. También, se puede resaltar el círculo ecuatorial y un meridiano de referencia.

**Seleccione todos aquellos parámetros que quiera incluir en su visualización**

**Generales:**

- Ver estrellas
- Mostrar nombres de la estrellas
- Mostrar constelación
- Mostrar nombre de las constelaciones
- Mostrar plano horizontal
- Mostrar grilla plano horizontal
- Mostrar grid esfera
- Mostrar marcadores celestes
- Mostrar linea ecuatorial
- Mostrar meridiano de referencia

Como se observa en la imagen, la visualización viene por defecto con todo marcado.

### ***3 Eventos a visualizar***

En eventos a visualizar, hay dos partes principales. En la primera parte se puede seleccionar cual es la variable que se quiere graficar. En este un caso, la variable a graficar es Flux1000. Se agrega el detalle de lo que significa esta variable. Cada punto de fermi se dibujará como un punto, cuyo tamaño esta definido por esta variable. Además, esa variable va a tener un rango de valores, sus color, que dependerá de su magnitud, es elegible en un rango. Para esto se disponibiliza la elección de colores. Además, se disponibiliza un factor de escala, que permite que los puntos se vean mas grandes o mas pequeños.

**Fermi:**

**Seleccionar variable principal:**

Flux1000 (Flujo de fotones integrado desde 1 GeV (1000 MeV) hasta energías superiores, en unidades de fotones por centímetro cuadrado por segundo ( $\text{ph cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ))

**Factor de escala variable principal:**

1e11

**Selecciona un color:**

Viridis

La siguiente sección permite marcar que eventos se mostrarán en el gráfico. Este filtro permite que las visualizaciones sean más enfocadas y livianas y permiten al usuario mostrar solo lo que le interesa.

Como se observa en la imagen, para cada evento de generación de rayos gamma o fuente se puedes seleccionar solo los eventos que están clasificados con alta confianza, solo los que son clasificados con baja confianza, ambos junto o ninguno. Por defecto, no viene nada seleccionado, pero se agregan dos checkbox, que permiten, seleccionar todos los eventos con alta confianza y con baja confianza para facilitar la selección.

Seleccionar eventos a visualizar:		
Eventos	High Confidence <input checked="" type="checkbox"/>	Low Confidence <input checked="" type="checkbox"/>
AGN Active Galactic Nucleus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BCU Blazar of Uncertain type	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BLL BL Lacertae Object	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FSRQ Flat Spectrum Radio Quasar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
UNK Unknown	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SPP Special Pulsar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PSR Pulsar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SEY Seyfert Galaxy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RDG Radio Galaxy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MSP Millisecond Pulsar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GLC Globular Cluster	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SNR Supernova Remnant	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GAL Galaxy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SBG Starburst Galaxy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SFR Star-Forming Region	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PWN Pulsar Wind Nebula	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BIN Binary System	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HMB High-Mass Binary	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
LMB Low-Mass Binary	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
NLSY1 Narrow-Line Seyfert 1 Galaxy	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
NOV Nova	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CSS Compact Steep Spectrum Source	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
SSRQ Steep Spectrum Radio Quasar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GC Galactic Center	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* Unclassified	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Como se observa en la figura anterior, para fines de demostración, se han seleccionado todas las fuentes.

#### 4 Detalles

Luego para cada evento seleccionado, cuando el usuario pase el mouse encima del evento se mostrará la información que se explicita en este punto. En el caso que se seleccionen todos los datos, es posible que listarlos hacia abajo no alcancen a mostrarse de manera correcta, en este sentido, se agrega el parámetro N° de columnas Detalle que permite definir cuantos datos se mostrarán en una fila.

**Detalles:**  
 N° Columnas Detalle:

Selecciona el detalle de cada fuente:  
 Todos:

<input checked="" type="checkbox"/> Source_Name	<input type="checkbox"/> DataRelease	<input type="checkbox"/> RAJ2000	<input type="checkbox"/> DEJ2000
<input type="checkbox"/> GLON	<input type="checkbox"/> GLAT	<input type="checkbox"/> Conf_68_SemiMajor	<input type="checkbox"/> Conf_68_SemiMinor
<input type="checkbox"/> Conf_68_PosAng	<input type="checkbox"/> Conf_95_SemiMajor	<input type="checkbox"/> Conf_95_SemiMinor	<input checked="" type="checkbox"/> Conf_95_PosAng
<input type="checkbox"/> ROI_num	<input type="checkbox"/> Extended_Source_Name	<input checked="" type="checkbox"/> Signif_Avg	<input checked="" type="checkbox"/> Pivot_Energy
<input checked="" type="checkbox"/> Flux1000	<input checked="" type="checkbox"/> Unc_Flux1000	<input checked="" type="checkbox"/> Energy_Flux100	<input checked="" type="checkbox"/> Unc_Energy_Flux100
<input type="checkbox"/> SpectrumType	<input type="checkbox"/> PL_Flux_Density	<input type="checkbox"/> Unc_PL_Flux_Density	<input type="checkbox"/> PL_Index
<input type="checkbox"/> Unc_PL_Index	<input type="checkbox"/> LP_Flux_Density	<input type="checkbox"/> Unc_LP_Flux_Density	<input type="checkbox"/> LP_Index
<input type="checkbox"/> Unc_LP_Index	<input type="checkbox"/> LP_beta	<input type="checkbox"/> Unc_LP_beta	<input type="checkbox"/> LP_SigCurv
<input checked="" type="checkbox"/> LP_EPeak	<input type="checkbox"/> Unc_LP_EPeak	<input type="checkbox"/> PLEC_Flux_Density	<input type="checkbox"/> Unc_PLEC_Flux_Density
<input type="checkbox"/> PLEC_IndexS	<input type="checkbox"/> Unc_PLEC_IndexS	<input type="checkbox"/> PLEC_ExpfactorS	<input type="checkbox"/> Unc_PLEC_ExpfactorS
<input type="checkbox"/> PLEC_Exp_Index	<input type="checkbox"/> Unc_PLEC_Exp_Index	<input type="checkbox"/> PLEC_SigCurv	<input type="checkbox"/> PLEC_EPeak
<input type="checkbox"/> Unc_PLEC_EPeak	<input type="checkbox"/> Npred	<input type="checkbox"/> Flux_Band	<input type="checkbox"/> Unc_Flux_Band
<input type="checkbox"/> nuFnu_Band	<input type="checkbox"/> Sqrt_TS_Band	<input type="checkbox"/> Variability_Index	<input type="checkbox"/> Frac_Variability
<input type="checkbox"/> Unc_Frac_Variability	<input type="checkbox"/> Signif_Peak	<input type="checkbox"/> Flux_Peak	<input type="checkbox"/> Unc_Flux_Peak
<input type="checkbox"/> Time_Peak	<input type="checkbox"/> Peak_Interval	<input type="checkbox"/> Flux_History	<input type="checkbox"/> Unc_Flux_History
<input type="checkbox"/> Sqrt_TS_History	<input type="checkbox"/> ASSOC_4FGL	<input type="checkbox"/> ASSOC_FGL	<input type="checkbox"/> ASSOC_FHL
<input type="checkbox"/> ASSOC_GAM1	<input type="checkbox"/> ASSOC_GAM2	<input type="checkbox"/> ASSOC_GAM3	<input type="checkbox"/> TEVCAT_FLAG
<input type="checkbox"/> ASSOC_TEV	<input type="checkbox"/> CLASS1	<input type="checkbox"/> CLASS2	<input type="checkbox"/> ASSOC1
<input type="checkbox"/> ASSOC2	<input type="checkbox"/> ASSOC_PROB_BAY	<input type="checkbox"/> ASSOC_PROB_LR	<input type="checkbox"/> RA_Counterpart
<input type="checkbox"/> DEC_Counterpart	<input type="checkbox"/> Unc_Counterpart	<input type="checkbox"/> Flags	

Los datos que se muestran, corresponden a todas las columnas que existen en el archivo FITS.

<input checked="" type="checkbox"/> Energy_Flux100	<input checked="" type="checkbox"/> Unc_Energy_Flux100	
<input type="checkbox"/> Unc_PL	Flujo de energía integrado desde 100 MeV hasta 100 GeV, en ergios por centímetro cuadrado por segundo ( $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).	

Como consideraciones, en la versión actual, no está desarrollado el uso de columnas multidimensionales, en este caso simplemente se permite la selección, pero se verá un mensaje de funcionalidad no soportada en la versión actual.

### 5 Selección de datos personalizados

En la última sección aparecen los datos personalizados. Por cada archivo que se sube, se agrega un checkbox para su selección.

Seleccione Archivos

data\_test.csv

A tener en cuenta, el archivo de test, es un archivo csv que tiene los siguientes datos:

nombre	ar	dec	valor	desc
casa1	40	20	1000	Punto de interés 1
casa2	41	22	1000	Punto de interés 2
casa3	42	24	1000	Punto de interés 3
casa4	43	26	1000	Punto de interés 4
casa5	44	28	1000	Punto de interés 5
casa6	45	30	1000	Punto de interés 6
casa7	46	32	1000	Punto de interés 7
casa8	47	34	1000	Punto de interés 8
casa9	48	36	1000	Punto de interés 9
casa10	49	38	1000	Punto de interés 10
casa11	50	40	1000	Punto de interés 11
casa12	51	42	1000	Punto de interés 12
casa13	52	44	1000	Punto de interés 13

casa14	53	46	1000	Punto de interés 14
casa15	54	48	1000	Punto de interés 15
casa16	55	50	1000	Punto de interés 16
casa17	56	52	1000	Punto de interés 17

Al marcar la casilla se abrirá un menú de selección de datos como se ve en la siguiente imagen:

## Seleccione Archivos

data\_test.csv

**Seleccione ascensión recta:**

**Seleccione declinación:**

**Seleccione variable principal:**

**Seleccione detalles a mostrar:**

- nombre
- ar
- dec
- valor
- desc

Al abrir se observa que todas las columnas están seleccionadas por defecto como detalles a mostrar. Además, el valor de la primera columna se asigna por defecto a la selección de datos mínima. Para poder mostrar los puntos en el cielo, se necesita al menos indicar, cual es la columna que tiene los datos de la ascensión recta en grados, cual es la columna que tiene la declinación en grados. Con estos dos parámetros ya podemos ubicar un punto en el cielo, ahora bien, que variable se graficará y de la cual dependerá el tamaño es la

variable principal. Teniendo esto en consideración y eligiendo las variables correctas de cada desplegable, se tiene lo siguiente:

## Seleccione Archivos

data\_test.csv

**Seleccione ascensión recta:**

**Seleccione declinación:**

**Seleccione variable principal:**

**Seleccione detalles a mostrar:**

- nombre
- ar
- dec
- valor
- desc

Con las variables configuradas basta hacer clic en el botón Guardar visualización para que esta se genere. Cuando se aprieta el botón, se ejecuta la lógica que recaba toda la información del formulario y procede a la creación de la visualización con plotly. El resultado es guardado como un html y guardado en la plataforma para poder visualizarlo luego. Una vez terminado este proceso, el sitio nos redirige a la siguiente vista que es Ver visualizaciones.

### **Ver visualizaciones**

En esta vista se observan todas las visualizaciones creadas como en la siguiente imagen:

Mis Visualizaciones			
Fecha de Creación	Nombre	Ultima Actualización	Acciones
2024-12-10 03:20:41	Todo	2024-12-10 03:20:41	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Borrar</a>
2024-12-20 04:19:30	general1	2024-12-20 04:19:30	<a href="#">Ver</a> <a href="#">Editar</a> <a href="#">Borrar</a>

[Salir](#)
[Principal](#)

Creado por Sergio Angulo Cáceres - Chile

En esta vista, es posible eliminar la visualización, editarla o verla.

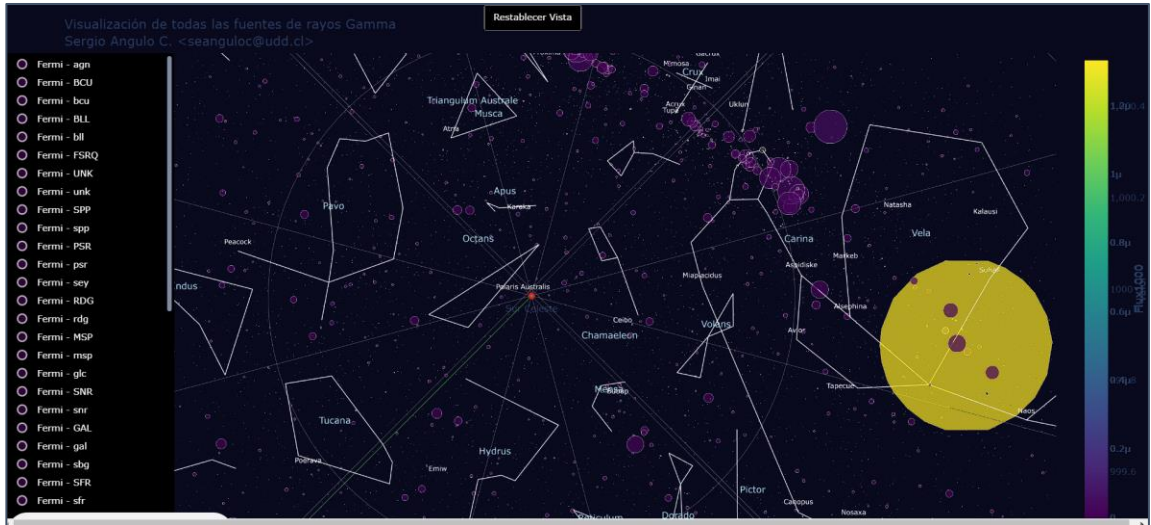
La opción Editar no quedó finalizada, solo las opciones ver y Borrar quedaron disponibles.

### Botón “Ver”

En este paso, se pasa a una vista de pre carga

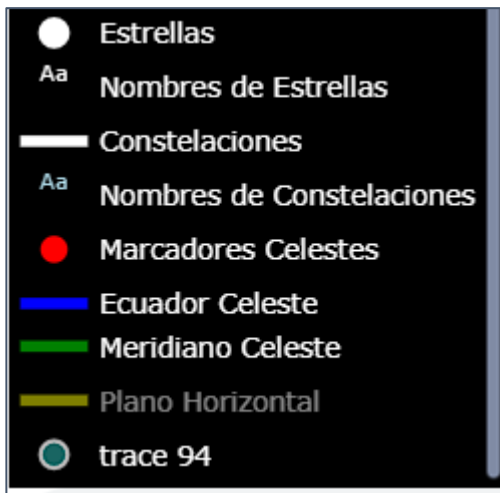


Luego la pagina es redirigida a la visualización



En la parte superior se observa el título de la visualización definida, el autor y su e-mail. Todos los eventos seleccionados aparecen a la izquierda y es posible activarlos y desactivarlos.

Al mover el scroll izquierdo es posible, llegar a los trazos generales:

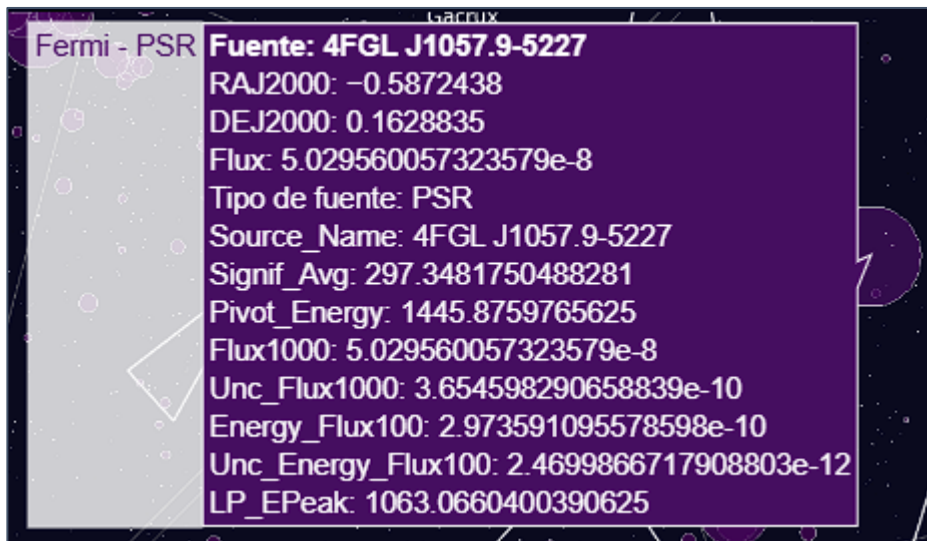


Trace 94 es el nombre automático generado para los datos personalizados, esto es un punto de mejora para las siguientes versiones.

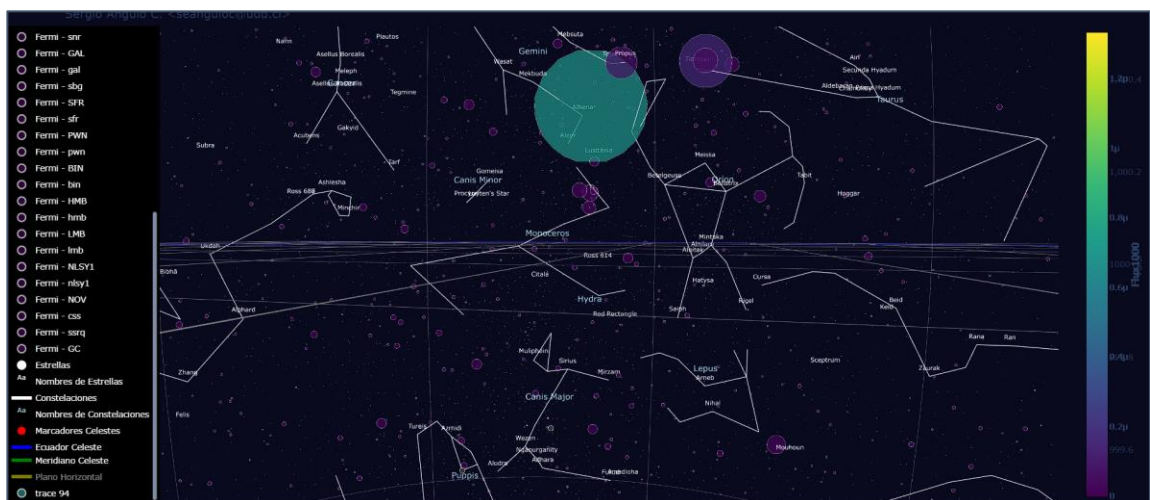
Cada elemento es seleccionable y desactivable desde esta vista.

Al lado derecho de la imagen se observa una leyenda que permite entender la magnitud de la fuente según su color. En este sentido, la magnitud y el color hablan de la misma dimensión y se refuerzan entre sí.

Al pasar el mouse por encima de cada evento se pueden observar los datos seleccionados como detalle además de información base.

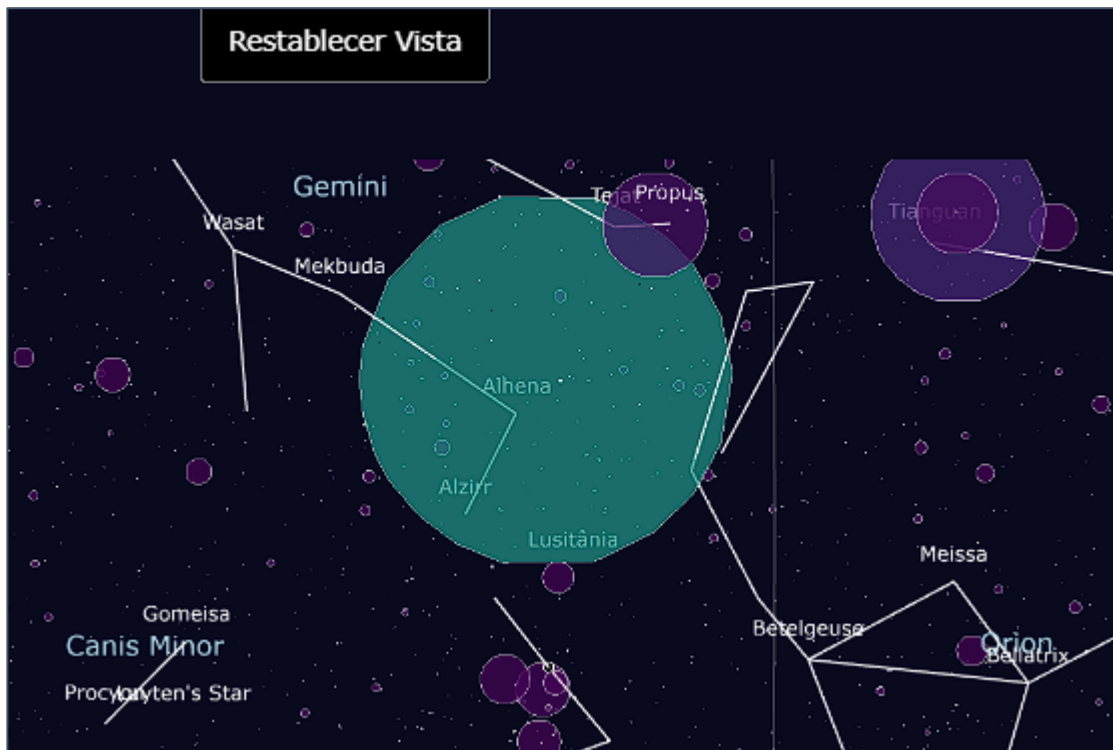


Al subir la vista es posible observar el plano base con su grilla.

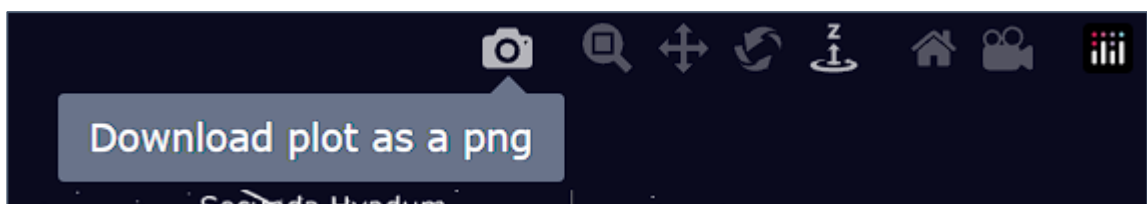


La vista inicial queda apuntando al sur celeste.

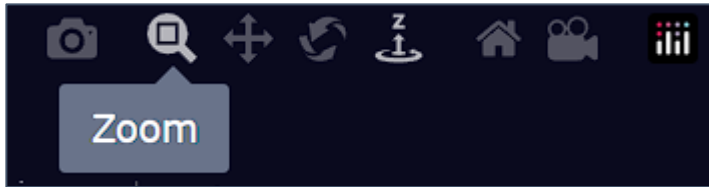
En la parte superior de la visualización se agregó un botón Restablecer vista que lleva la cámara de nuevo a su configuración inicial.



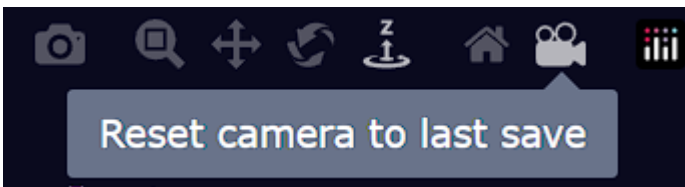
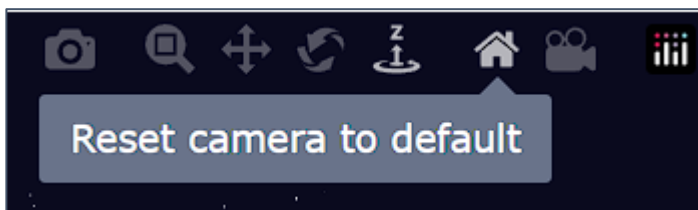
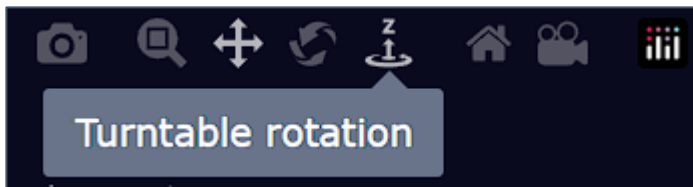
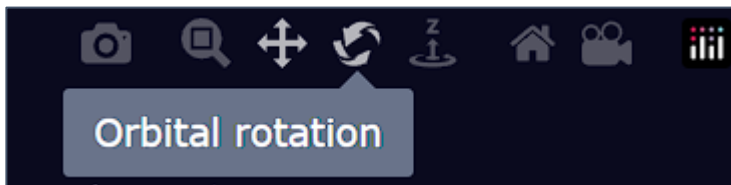
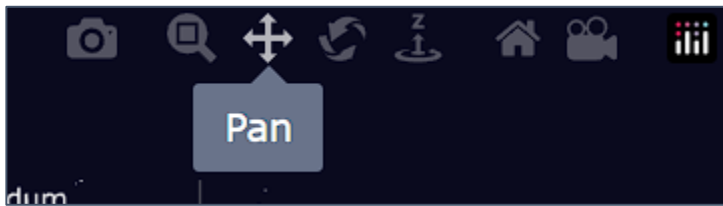
En la parte superior se encuentran algunos parámetros de navegación como la exportación a png:



Se permite hacer zoom:



Se permite cambiar la forma de averiguar a pan



En la parte inferior izquierda de la visualización se agregó un panel de audio



Para darle una mejor experiencia a la visualización se agregó una canción llamada “Departure” de la artista Tomomi Kato. Esta se puede silenciar, o ajustar el volumen desde el panel.

### Detalles Técnicos de la visualización

En esta parte nos enfocaremos en entender como se estructuró el trabajo con el fin de poder comprender como se separaron los datos para poder mostrarlos con filtros independientes.

El flujo general, es primero, crear las trazas, luego armar la figura, posteriormente crear el layout. A continuación, se ve un fragmento de código, simplificado

```
def create_visualization(form):
    traces = create_traces(form)
    fig = create_figure(traces)
    add_reset_button(fig)
    title_str=form["vis_title"]+"<br>" +form["author"]+f" <{form["email"]}>"
    fig.update_layout(
        title=(title_str),
        scene=dict(
```

```

        xaxis=dict(visible=False),
        yaxis=dict(visible=False),
        zaxis=dict(visible=False),
        camera=original_camera,
        dragmode='turntable',
        aspectmode='data',
        bgcolor='rgb(10, 10, 30)'
    ),
    paper_bgcolor='rgb(10, 10, 30)',
    margin=dict(l=0, r=0, t=0, b=0),
    legend=dict(
        orientation='v',
        bgcolor='black',
        font=dict(color='white'),
        x=0,
        xanchor='left',
        y=0.5,
        yanchor='middle',
        itemsizing='constant',
        tracegroupgap=5,
        groupclick='toggleitem'
    )
)

# Guardar la figura en un archivo HTML
html_content = pio.to_html(fig, include_plotlyjs="cdn")
html_content = add_audio(html_content, "departure-269752.mp3")
with open(filepath, "w", encoding="utf-8") as f:
    f.write(html_content)
return namefile

```

Como se ve en el fragmento, primero creamos las trazas y luego la figura con todo lo anterior. Para crear las trazas, primero debemos cargar los datos y ese es el orden lógico que se siguió, a saber, cargar datos, crear trazas, filtrar trazas según formulario, crear figura.

```

def create_traces(form):
    traces = {}

```

```

# Cargar y procesar datos de Fermi
#fermi_url = "https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/14yr_catalog/gll_psc_v35.fit"
fermi_url = None
df_fermi, x_fermi, y_fermi, z_fermi = load_fermi_data(fermi_url)
fermi_traces = create_fermi_traces(df_fermi, x_fermi, y_fermi, z_fermi, form)
traces['fermi'] = fermi_traces

```

Se cargan los datos de fermi y a partir de ellos se generan las trazas de fermi. Este patrón

lo observaremos en cada extracción de datos:

```

# Cargar y procesar datos de HYG
#hyg_url = "https://raw.githubusercontent.com/astronexus/HYG-
Database/main/hyg/v3/hyg_v38.csv"
#https://www.astronexus.com/hyg
hyg_url = None
df_hyg = load_hyg_data(hyg_url, form)
stars_trace, names_trace = create_hyg_traces(df_hyg, form)
if "ver_estrellas" in form:
    traces['hyg_stars'] = stars_trace
if "ver_nombre_estrella" in form:
    traces['hyg_names'] = names_trace

```

En el caso de las estrellas si en el formulario se marcó “ver estrellas” y/o “ver nombre estrellas”, solo entonces se agrega la traza.

En el caso de las constelaciones se sigue la misma lógica

```

# Cargar datos de las constelaciones
#constellation_url = 'https://raw.githubusercontent.com/ofrohn/d3-
celestial/master/data/constellations.lines.json'
constellation_url = None

constellation_data = load_constellation_lines(constellation_url)
# Cargar los nombres completos de las constelaciones
constellation_names_url = 'https://raw.githubusercontent.com/ofrohn/d3-
celestial/master/data/constellations.json'
abbrev_to_name = load_constellation_names(constellation_names_url)
constellations_of_interest = 'all' # Cargar todas las constelaciones
filtered_data = filter_constellations(constellation_data, constellations_of_interest)
constellation_trace, constellation_names_trace = create_constellation_traces(filtered_data,
abbrev_to_name)
if "ver_constelacion" in form:

```

```

traces['constellations'] = constellation_trace
if "ver_nombre_constelacion" in form:
    traces['constellation_names'] = constellation_names_trace

```

Para los marcadores generales se tiene que:

```

# Marcadores celestes
if "ver_marcadores_celeste" in form:
    traces['markers'] = create_celestial_markers()

# Ecuador y meridiano celestes
if "ver_linea_ecuatorial" in form:
    traces['equator'] = create_celestial_equator()
if "ver_meridiano_referencia" in form:
    traces['meridian'] = create_celestial_meridian()

# Plano horizontal y su cuadrícula
if "ver_plano_horizontal" in form:
    traces['horizontal_plane'] = create_horizontal_plane()
if "ver_grilla_plano_horizontal" in form:
    traces['horizontal_plane_grid'] = create_horizontal_plane_grid()
    # Líneas de cuadrícula en la esfera
if "ver_grid" in form:
    grid_lines = create_grid_lines()
    traces['grid_lines'] = grid_lines

```

Finalmente la lógica de carga de los archivos personalizados.

```

# CUSTOM DATA:
traces["custom"] = {}
if len(form["files"].keys()) > 0:
    for file in form["files"]:
        if "checkbox" in form["files"][file] and form["files"][file]["checkbox"] == "on":
            print(f"Data for file {file} exists!")
            df_custom, x, y, z = load_user_custom_data(file, form["files"][file],
str(form["user_id"]))
            traces["custom"][file] = create_custom_traces(df_custom, x, y, z,
form["files"][file])
        else:
            print(f"checkbox doesnt exist or is different to on for {file}")
return traces

```

Para entender cómo se genera las trazas, solo nos concentraremos en el caso de fermi que es el más complejo y completo. Los demás siguen características similares por lo que se omitirán de la explicación puesto que no aportan elementos novedosos.

Revisemos la carga de datos de fermi:

```
def load_fermi_data(url, cols=[]):
    # Descargar el archivo FITS desde la URL
    print("In load_fermi_data:")
    fits_data = None
    if url:
        response = requests.get(url)
        fits_data = BytesIO(response.content)
    else:
        with open(os.path.join("flask_app", "fermi", "data", "gll_psc_v35.fit"), 'rb') as f:
            fits_data = BytesIO(f.read())
```

En este caso se deja abierta la posibilidad de cargar los datos de fermi directamente desde una url, pensando en el trabajo futuro, En otro caso, que es el actual se lee de los archivos descargados.

```
### ONLY LOCAL WITH ASTRPY TABLE
table = Table.read(os.path.join("flask_app", "fermi", "data", "gll_psc_v35.fit"), hdu=1)
names = [name for name in table.colnames if len(table[name].shape) <= 1]
out_cols = [name for name in table.colnames if len(table[name].shape) > 1]
```

A partir de los datos, obtenemos los nombres de las columnas que serán utilizadas names y de las columnas que son multidimensionales y que no utilizaremos llamadas out\_cols.

Luego cargamos los datos con fits, porque por problemas en el procesamiento, es necesario cambiar el orden de bytes de los datos para que sean compatible con el sistema actual para que puedan interpretarse correctamente.

```
cargados con memmap desactivado
with fits.open(fits_data, memmap=False) as hdul:
```

```

# Accedemos a la tabla de datos principal (extensión 1)
data = hdul[1].data
print("Trying to get keys from fermi:")

dict_data = {}
for col_name in names:
    col_name = col_name.strip()
    dict_data[col_name] =
np.array(data[col_name]).byteswap().view(np.array(data[col_name]).dtype.newbyteorder())

```

Luego realizamos limpieza de datos, cambiamos los espacios en blanco de CLASS1 por unclassified y limpiamos los espacios en blanco.

```

for col_name in out_cols:
# Convertir cada elemento multivariable a string
    dict_data[col_name] = [str(list(row)) for row in np.array(table[col_name])]
# Reemplazamos los datos por unclassified
    dict_data["CLASS1"] = np.where(dict_data["CLASS1"] == ' ', 'unclassified',
dict_data["CLASS1"])
# ELIMINAMOS ESPACIOS EN BLANCO
    dict_data["CLASS1"] = np.char.strip(dict_data["CLASS1"])
df_fermi = pd.DataFrame(dict_data)

```

Luego por conveniencia y estandarización convertimos RA y DEC a radianes y se calculan las coordenadas cartesianas.

```

# Convertimos RA y DEC a radianes
theta = np.radians(df_fermi['RAJ2000']) # RA en radianes
phi = np.radians(90 - df_fermi['DEJ2000']) # DEC convertida a colatitud

# Calculamos las coordenadas cartesianas
x = np.sin(phi) * np.cos(theta)
y = np.sin(phi) * np.sin(theta)
z = np.cos(phi)

return df_fermi, x, y, z

```

Con los datos ya procesado y listo, pasamos a generar las trazas (traces). Como se observa en el código siguiente, las fuentes de datos están dadas por las clase 'CLASS1', las columnas de detalle se obtienen desde el form["detalles"] y luego se define un

hover\_template base, que es la estructura que se muestra cuando uno desliza el mouse sobre un evento de fermi.

```
def create_fermi_traces(df_fermi, x, y, z, form):
    traces = []
    source_types = df_fermi['CLASS1'].unique()
    additional_columns = form["detalles"].keys()
    hover_template = "<b>Fuente: {text}</b><br>" \
                    "RAJ2000: {x}<br>" \
                    "DEJ2000: {y}<br>" \
                    "Flux: {marker.color}<br>" \
                    "Tipo de fuente: {customdata[0]}<br>"
```

Luego para cada elemento de detalle, se escribirá un dato de información a mostrar y se agregará al arreglo data. En caso de pertenecer a alguna columna multidimensional simplemente se escribe la glosa Multidara not supported.

```
data = []
for i, col in enumerate(additional_columns, start=1):
    if col in ['Flux_Band', 'Unc_Flux_Band', 'nuFnu_Band', 'Sqrt_TS_Band', 'Flux_History',
'Unc_Flux_History', 'Sqrt_TS_History']:
        data.append(f"{col}: Multidata not supported")
    else:
        data.append(f"{col}: "+"{customdata["+str(i)+"]}").strip().ljust(space))
```

Luego se tiene toda la información que va en el hover, pero se debe formatear. Para esto, se recorre el arreglo y dependiendo de la cantidad de columnas configuradas, se formatea el mensaje.

```
col_table = int(form["detalleconfig_ncols"])
n_elem = 0
for text in data:
    hover_template += text.strip()
    if n_elem < col_table-1 and len(additional_columns) > 1:
        hover_template += " | "
        n_elem+=1
    else:
        hover_template += "<br>"
        n_elem=0
```

El código anterior no es capaz de formatear correctamente para dejar los campos alineados, esto ocurre por que el largo de los valores, solo se obtiene en tiempo de ejecución y no antes.

Luego para cada evento que haya sido marcado en el formulario, se generará una traza diferente, donde la variable principal seleccionada en el formulario es la variable dibujada, con el color seleccionado `fermi_colorscale` y se realizará un gráfico `Scatter3d`.

```
for source_type in form["eventos"]:
    mask = df_fermi['CLASS1'] == source_type
    marker_size = df_fermi.loc[mask, form["variable_principal"]] *
float(form["fermi_escalas"])#1e11 # Ajustar escala según sea necesario
    trace = go.Scatter3d(
        x=x[mask],
        y=y[mask],
        z=z[mask],
        mode='markers',
        marker=dict(
            size=marker_size,
            color=df_fermi.loc[mask, form["variable_principal"]], # Coloreado según el flujo
            colorscale=form["fermi_colorscale"],
            sizemode='area',
            sizemin=2,
            colorbar=dict(
                title=form["variable_principal"], # Título de la barra de colores
                titleside="right", # Posición del título
            ),
            cmin=df_fermi[form["variable_principal"]].min(), # Valor mínimo
            cmax=df_fermi[form["variable_principal"]].max(),
        ),
        hovertemplate=(hover_template),
        text=df_fermi.loc[mask, 'Source_Name'],
        customdata = np.stack([df_fermi.loc[mask, 'CLASS1']] + [df_fermi.loc[mask,
col].fillna("") for col in additional_columns], axis=-1),
        name=f'Fermi - {source_type}',
        # Eliminamos 'legendgroup' o lo ajustamos si es necesario
        showlegend=True
    )
traces.append(trace)
```

```
return traces
```

Los demás datos a dibujar son similares.

La implementación del sistema de visualización, como ya se ha visto no se limitó únicamente a generar un archivo HTML interactivo. Si bien el núcleo del pipeline de datos y la creación de la visualización 3D con Plotly es el corazón del producto final se integró en una plataforma web completa desarrollada en Flask

## **Conclusiones**

La fase de implementación, y evaluación de la herramienta desarrollada ha permitido obtener una visión clara de lo que se puede lograr con ella, su utilidad y sus limitaciones. En esta sección revisaremos los resultados obtenidos, sus implicaciones dentro del campo de la visualización astronómica, se discutirá el valor añadido respecto a soluciones existentes, y se destacan las oportunidades y mejoras a partir de esta iniciativa.

### **Principales Logros del Proyecto**

#### ***Visualización Planetaria Interactiva:***

Se ha implementado una representación planetaria del cielo, en la cual cada fuente de rayos gamma detectada por Fermi LAT y definida a mostrarse en la visualización se ubica según sus coordenadas RA/DEC. Esta visualización tridimensional, rotatoria y escalable, mejora la percepción espacial y facilita la comprensión de la distribución de las fuentes. Esta presenta una mejora frente a las visualizaciones 2D tradicionales, que a menudo distorsionan relaciones espaciales y dificultan la identificación de patrones globales.

#### ***Integración de Datos Adicionales:***

La incorporación de datos estelares (HYG) y líneas de constelaciones aporta un contexto astronómico más amplio, situando las fuentes gamma en relación con el cielo visible. Además, la posibilidad de cargar datos personalizados en CSV permite a los investigadores superponer sus propios catálogos, compararlos con el catálogo Fermi LAT y buscar correlaciones multiespectrales.

### ***Interfaz Web Amigable:***

La herramienta no se limita a generar un HTML aislado, sino que se integra en un sitio web completo. Esto incluye autenticación, menús, formularios para crear nuevas visualizaciones, gestión de archivos subidos y listados de visualizaciones previas. Esta infraestructura convierte a la herramienta en un entorno integral y dinámico, favoreciendo un uso interactivo, colaborativo y sostenible en el tiempo.

### ***Flexibilidad y Personalización:***

El usuario puede filtrar eventos por tipo (ej. AGN, BLL, PSR), ajustar escalas y colores, seleccionar columnas de detalle para el hover, y decidir qué capas mostrar (estrellas, constelaciones, marcadores celestes, grillas, meridiano, ecuador, etc.). Esta personalización refleja parte de la diversidad de necesidades levantadas.

### ***Aporte al Análisis de Datos Astronómicos:***

El trabajo se enmarca en la tendencia actual a una astronomía de grandes volúmenes de datos, donde la visualización juega un rol central para entender patrones, correlaciones e interacciones entre diferentes fenómenos. La herramienta facilita el análisis cualitativo y exploratorio de fuentes de las fuentes de rayos gamma

### ***Descubrimiento de Patrones Espaciales:***

La esfera interactiva podría ayudar a los astrónomos a notar agrupaciones o distribuciones. Por ejemplo, la alineación de fuentes en ciertas regiones del cielo, su relación con

estructuras galácticas o la comparación de fuentes gamma con regiones de intensa formación estelar.

***Apoyo a Hipótesis Multiespectrales:***

Integrar datos propios (rayos X, radio, etc.) ayuda a los investigadores a formular y comprobar hipótesis sobre el origen de las emisiones en diversas frecuencias, la relación entre fuentes gamma y otros fenómenos astrofísicos, y la conexión con procesos de aceleración de partículas, formación estelar o actividad nuclear galáctica.

***Facilitación de la Divulgación y Enseñanza:***

Aunque el enfoque principal son los astrónomos e investigadores del espacio, una herramienta visual e interactiva también puede servir para enseñanza y divulgación, mostrando al público o a estudiantes cómo se distribuyen las fuentes invisibles en el cielo, y permitiendo explorar el universo de alta energía con mayor intuición.

***Comparación con Soluciones Existentes***

Como se discutió en el marco teórico, las visualizaciones anteriores del cielo gamma solían ser estáticas o limitadas (proyecciones 2D, videos timelapse). Algunas herramientas, si bien mostraban el cielo en tipo planetario, carecían de interactividad, integración de datos personalizados, o capacidades de filtrado dinámico.

La presente herramienta supera esas barreras:

- **Alto grado de interactividad:** Rotación, zoom, filtrado, hover con detalles, personalización de capas.

- **Integración Multifuente:** Datos Fermi LAT, HYG, constelaciones y catálogos del usuario.
- **Entorno Web Completo:** Menú, login, creación de visualizaciones a través de formularios, gestión de archivos, acceso a visualizaciones previas, persistencia en una base de datos.

Esta combinación de funciones añade un valor significativo, permitiendo un análisis más profundo y un manejo más cómodo de los datos.

### *Perspectivas de Uso e Impacto*

Los resultados sugieren que esta herramienta puede convertirse en un recurso que podría aportar valor para la comunidad de astrofísicos e investigadores espaciales que trabajan con datos de rayos gamma. Podría establecerse como una plataforma auxiliar que ayude en laboratorios, institutos y programas de posgrado, mejorando la eficiencia del análisis, la comunicación de resultados y la generación de hipótesis. Además, podría ser el punto de partida para desarrollos posteriores integrando algoritmos de machine learning, análisis estadístico avanzado, o conectores con bases de datos astronómicas internacionales.

### *Conexión con el Modelo Anidado de Munzner para realizar el trabajo.*

Siguiendo el modelo anidado de Munzner (2009), se partió de un problema de dominio (análisis de fuentes gamma), se realizó la abstracción de tareas (explorar, filtrar, correlacionar), se diseñó una codificación visual adecuada (esfera 3D, capas, colormaps), y se implementó un algoritmo computacional escalable. La satisfacción de las necesidades verificadas con encuestas y casos de uso confirma la coherencia del enfoque.

En relación con la literatura previa (Sección 2), el presente trabajo añade una capa de interactividad y flexibilidad que no está en general en otros trabajos, por lo que suma un aporte metodológico y práctico a la ciencia de la visualización astronómica.

Representar de manera interactiva la distribución y características de las fuentes de rayos Gamma detectadas por el telescopio Fermi en una visualización planetaria para facilitar el análisis y el descubrimiento de patrones por parte de los astrofísicos e investigadores del espacio.

El desarrollo e integración de una visualización planetaria interactiva de fuentes de rayos gamma, acoplada a un entorno web completo, ha demostrado la viabilidad y relevancia de este enfoque para mejorar la interpretación y análisis de datos complejos de alta energía. Esta sección concluye el trabajo retomando la hipótesis, los objetivos propuestos y el impacto científico que la herramienta puede generar.

### **Revisión de la Hipótesis y Logro de los Objetivos**

La hipótesis planteaba que una visualización planetaria interactiva basada en datos de rayos gamma detectadas por el telescopio Fermi facilita el análisis y el descubrimiento de patrones por parte de los astrofísicos e investigadores del espacio. A través de las etapas del proyecto, se ha confirmado la validez de esta hipótesis.

Se implementó una representación 3D esférica del cielo, preservando la geometría natural de las posiciones de las fuentes gamma y evitando distorsiones inherentes a las proyecciones planas.

La herramienta ofrece interactividad avanzada (rotar, hacer zoom, filtrar, mostrar/ocultar capas, ajustar variables visuales), cumpliendo el objetivo general de proporcionar un entorno visual intuitivo para explorar datos gamma.

Se integraron datos estelares y constelaciones, situando las fuentes en un contexto astronómico más amplio, y la capacidad de cargar datos personalizados atiende las necesidades de investigadores con catálogos propios.

La creación de un sitio web completo, con login, menús, formularios para crear nuevas visualizaciones y manejo de archivos, responde a los objetivos específicos de mejorar la experiencia del usuario y ofrecer flexibilidad en el análisis.

En conjunto, los objetivos específicos se cumplieron plenamente, mediante la encuesta a los 100 astrónomos simulados por chatGPT se encontraron las necesidades del grupo de astrofísicos e investigadores del espacio en torno a la visualización de los datos de rayos Gamma detectados por el telescopio Fermi.

Luego se diseñó una visualización que da respuesta a las necesidades detectadas de los astrofísicos e investigadores del espacio. Y se construyó una prueba de concepto que quedó enmarcada como un producto de datos en una página web.

Así se diseñó, implementó y validó una herramienta que no solo representa los datos, sino que también los hace accesibles y manipulables en un entorno web integral, ampliando significativamente la utilidad respecto a visualizaciones estáticas o limitadas.

## **Valor Agregado a la Investigación Astronómica**

Este trabajo se inscribe en la creciente necesidad de técnicas de visualización más poderosas y flexibles para manejar el flujo continuo de datos astronómicos. Al permitir:

- Una fácil exploración espacial tridimensional.
- La superposición de datos heterogéneos.
- El filtrado dinámico por tipo de fuente.
- La integración con catálogos personalizados.

La herramienta fomenta la generación de nuevas hipótesis, la identificación de correlaciones no triviales y el descubrimiento potencial de patrones previamente no reconocidos. El hecho de contar con una interfaz web accesible y personalizable facilita la adopción por parte de equipos de investigación, laboratorios educativos y programas de formación avanzados en astronomía de altas energías.

## **Relevancia Metodológica y Teórica**

Desde una perspectiva metodológica, este proyecto demuestra el valor de un enfoque estructurado en el diseño de visualizaciones (modelo anidado de Munzner), garantizando coherencia entre el problema de dominio, las abstracciones de datos/tareas y las soluciones de codificación visual e interacción. Además, la integración con Flask y una base de datos para manejar usuarios, visualizaciones y archivos personalizados muestra cómo un prototipo de investigación puede madurar hasta convertirse en un producto de datos montado en una plataforma autosostenible y escalable.

## Limitaciones y Futuras Mejoras

Si bien se han logrado avances significativos, el trabajo no agota las posibilidades. Las futuras mejoras podrían incluir:

- **Comparación Temporal Reducida:** Aunque es posible cargar diferentes catálogos en distintas épocas, no se ha implementado una funcionalidad nativa para animaciones temporales o análisis evolutivos. Esta mejora permitiría estudiar la variabilidad y evolución de fenómenos gamma a lo largo del tiempo.
- **Automatización Multiespectral Incompleta:** Por ahora, el usuario debe aportar sus catálogos en otros espectros. En el futuro, se podrían integrar catálogos públicos de rayos X, radio u óptico, correlacionando automáticamente las fuentes.
- **Integración del catálogo diario:** Si bien el trabajo realizado quedó abierto para recibir URLs, estas características no quedaron de cara al usuario. Podría agregarse la capacidad de seleccionar una fecha y poder cargar los datos diarios o semanales de Fermi.
- **Capacidades reducidas al cargar datos personalizados:** Hay características que podrían haberse incluido, similares al manejo de datos que se hizo con Fermi, pero fue simplificado en función del tiempo disponible. Sería ideal poder definir una columna que indique los tipos de eventos para poder diferenciarlos dentro de los datos cargados. Una oportunidad de mejora es que, al mostrarse los datos en el gráfico, los datos personalizados queden marcados con el nombre del archivo de datos al que pertenecen. Además, debería poder permitirse también personalizar la escala de los datos.

- **Mejoras de las interacciones en la página Web:** Hay características que no se desarrollaron completamente y validaciones que deberían existir. Por ejemplo, al editar una visualización, deberían cargarse los datos con los que fue configurada, esto no se realizó por tiempo y porque no afectaba la línea base. Además, varias validaciones deberían de realizarse como por ejemplo, la no sobreescritura de archivos con el mismo nombre para un mismo usuario, pre validación de carga de archivos de personalizados, actualización automática de eventos a mostrar según el archivo de fermi utilizado, entre otras.
- **Mayas espaciales:** Existen varios eventos que fueron simplificados como puntuales siendo que en realidad quedarían mejor planteados como una superficie en el cielo, esto no se trabajó y sería una mejora importante que podría representar el cielo de rayos gamma de forma más genuina.
- **Inclusión de imágenes en el hover:** Al pasar el mouse por encima del hover, sería interesante poder ver imágenes, o acceder a links. Actualmente, plotly como herramienta no lo permite. Tal vez un cambio de herramienta para realizar gráficos podría dar una mejor experiencia.
- **Inclusión de background del cielo:** En algún momento, se trabajó en la implementación de un background como es cielo que se encuentra en SkyMap. El problema es que las imágenes en 2 dimensiones se distorsionan mucho en los polos, y ubicar las estrellas para que calcen, resulta ser un trabajo difícil sino imposible. Poder acercar las imágenes más artísticas del cielo de rayos gamma o del visible mejoraría la experiencia.

- **Inclusión de configuración de audio:** Para mejorar la experiencia y hacerla más inmersiva se agregó música. Sin embargo, no se dio la posibilidad de poder elegir entre un conjunto de canciones o la posibilidad de subir el propio audio.
- **Vista inicial del cielo:** Cuando la visualización parte, apunta directo al polo sur. Sería deseable poder partir desde otra posición definida por el usuario.
- **Trayectoria de puntos de observación:** Sería realmente útil para contar una historia, que existiera un conjunto de puntos ya definidos con anterioridad a los cuales se acceda presionando un botón o una flecha. Actualmente para buscar un punto en el cielo se debe hacer manualmente y esto en algunos casos puede ser demoroso. Una navegación fluida entre puntos de observación permitiría mejorar la rapidez de análisis.
- **Validación de expertos:** No se realizó una revisión de expertos para validar el valor del producto de datos. Sería interesante desde el punto de vista metodológico contrastar las necesidades levantadas con chatGPT contra necesidades reales de un grupo de astrónomos y probar la herramienta en el grupo de enfoque.
- **Animaciones temporales:** Agregar animaciones temporales permitiría estudiar la evolución de fuentes gamma a lo largo de diversos periodos, respondiendo a la creciente demanda de análisis temporales.
- **Integración automática de datos multiespectrales:** Integración automática de datos multiespectrales (rayos X, radio, infrarrojo), permitiendo al usuario elegir catálogos preintegrados sin necesidad de subir sus propios CSV.

- **Tutoriales interactivos:** Tutoriales interactivos y documentación audiovisual, facilitarían la curva de aprendizaje.
- **Optimización de rendimiento:** En caso de tratar con volúmenes de datos aún más grandes, sería útil explorar la aplicación de técnicas de nivel de detalle o renderizado por GPU.

### **Contribución al Campo y Uso Potencial**

La herramienta producida resuelve problemáticas en el análisis de datos gamma, ofreciendo un marco conceptual y técnico que puede adaptarse a otros ámbitos astronómicos y científicos. Los métodos empleados, la modularidad del código y la estructura web facilitarían la incorporación de nuevas funcionalidades y el intercambio con otros grupos de investigación.

En síntesis, el trabajo realizado cumple con las metas establecidas, verifica la hipótesis de que una visualización planetaria interactiva favorece el análisis de datos gamma, y abre un panorama de nuevas posibilidades técnicas y científicas. La herramienta constituye una base para que, con la retroalimentación de usuarios reales, se continúe su perfeccionamiento y expansión.

## Bibliografía

1. Atwood, W. B., et al. (2009). The Large Area Telescope on the Fermi Gamma-Ray Space Telescope Mission. *The Astrophysical Journal* 697(2), 1071.
2. Abdo, A. A., et al. (2010). The Fermi-LAT High-Latitude Survey: Source Catalog. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 188(2), 405-436.
3. Fermi-LAT Collaboration (2022). Fermi Large Area Telescope Fourth Source Catalog (4FGL-DR4). NASA Goddard Space Flight Center.
4. Goodman, A. A. (2012). Principles of High-Dimensional Data Visualization in Astronomy. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 50, 403–440.
5. Fluke, C. J., Barnes, D. G. (2008). The journey of scientific visualization: From Pixels to Petascale. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 25(2), 139-151.
6. Giacomelli, E., et al. (2015). Challenges in the Visualization of Multi-wavelength Astronomy Data. *Astronomy and Computing* 13, 43-58.
7. Hassan, A., Fluke, C. J. (2013). 3D visualizations in astronomy. *Astronomy & Computing*, 1, 47-58.
8. T. Munzner, "A Nested Model for Visualization Design and Validation," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 15, no. 6, pp. 921-928, Nov.-Dec. 2009, doi: 10.1109/TVCG.2009.111.
9. Thompson, D. J., et al. (2012). The Fermi Large Area Telescope and the Science of Gamma-Ray Bursts. *American Institute of Physics Conference Series* 1358(1), 3-12.
10. Ziegler, M., et al. (2016). The challenges of representing all-sky data. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 128(968), 104503

## **ANEXOS**

### **Consulta sobre grupos objetivo**

#### **Tarea**

Tu primera tarea es definir que grupo objetivo, una visualización tipo estelarium o planetario de los rayos gamma, podría serles útil y el porque

#### **Respuesta**

Una visualización tipo planetario o estelarium de los rayos gamma, específicamente utilizando datos del catálogo Fermi LAT 14 years DR4, puede ser útil para varios grupos objetivo. A continuación, te defino algunos de estos grupos junto con las razones de su utilidad:

1. Astrofísicos e Investigadores del Espacio Por qué sería útil: Estos profesionales se dedican al estudio de fenómenos cósmicos extremos como los agujeros negros, supernovas, y fuentes de rayos gamma. Una visualización inmersiva de los rayos gamma les permitiría analizar cómo se distribuyen estas fuentes en el universo, identificar patrones o anomalías, y visualizar la estructura galáctica en relación con estas emisiones. El uso de un planetario podría ayudar a contextualizar espacialmente las fuentes de rayos gamma con respecto a otras estructuras cósmicas, facilitando el entendimiento de interacciones entre diferentes objetos astronómicos y fenómenos de alta energía.
2. Educadores en Astronomía y Ciencias Espaciales Por qué sería útil: Los educadores pueden aprovechar este tipo de visualización para enseñar a estudiantes y público general sobre fenómenos complejos de forma interactiva y visualmente atractiva. Permitir que los

estudiantes exploren el cielo en rayos gamma a través de una simulación similar a un planetario les facilita entender conceptos como las energías cósmicas y las ondas electromagnéticas fuera del espectro visible.

3. Aficionados a la Astronomía Por qué sería útil: Para los astrónomos amateurs, una visualización planetaria de rayos gamma les brindaría una experiencia interactiva y educativa, permitiéndoles descubrir aspectos del universo que no son visibles con telescopios ópticos tradicionales. Además, estos usuarios podrían explorar eventos astronómicos importantes, como la explosión de supernovas o las emisiones de rayos gamma de púlsares, que normalmente no están accesibles para telescopios amateur.

4. Instituciones de Divulgación Científica (Museos, Planetarios) Por qué sería útil: Las instituciones de divulgación pueden crear experiencias inmersivas para el público general que expliquen la importancia de los rayos gamma y cómo estas emisiones nos informan sobre la energía y la evolución del universo. Una presentación visual de los datos del Fermi LAT en tiempo real o en una simulación ayudaría a que el público comprenda cómo los astrónomos modernos observan el cosmos más allá del espectro de luz visible.

5. Científicos Computacionales y Visualización de Datos Por qué sería útil: Estos profesionales pueden usar una visualización de este tipo como una herramienta para investigar y desarrollar nuevos métodos de visualización de datos. Visualizar fuentes complejas de alta energía distribuidas espacialmente, con interacciones temporales, representa un desafío computacional, y esta aplicación permitiría a los científicos mejorar técnicas de visualización y rendimiento computacional.

6. Política Científica y Toma de Decisiones Por qué sería útil: Las agencias gubernamentales y las instituciones que financian la investigación espacial pueden utilizar visualizaciones accesibles y visualmente impresionantes para tomar decisiones sobre la asignación de recursos para la investigación espacial. Ver de manera directa los resultados de los datos de observatorios como el Fermi LAT en un formato planetario puede ayudar a comunicar el valor de la investigación espacial al público y a los responsables de la formulación de políticas. En resumen, una visualización inmersiva de los rayos gamma en un formato de tipo planetario no solo permite a expertos y científicos analizar datos complejos de manera accesible y visual, sino que también tiene un impacto importante en la educación y divulgación científica.

**Tarea**

A que grupo le aportaría más valor?

**Respuesta**

El grupo que más valor podría obtener de una visualización tipo estelarium o planetario de los rayos gamma sería el de astrofísicos e investigadores del espacio. Este tipo de visualización les ofrece herramientas avanzadas para analizar datos complejos de alta energía y comprender fenómenos astronómicos que no son accesibles con tecnologías ópticas tradicionales. Razones del valor añadido: Profundidad de Análisis: Los rayos gamma provienen de eventos de alta energía como agujeros negros, estrellas de neutrones y explosiones de supernovas. Una visualización inmersiva permite a los astrofísicos localizar y analizar estas fuentes de forma contextualizada en el universo. Además, pueden observar cómo estas fuentes interactúan entre sí y cómo evolucionan a lo largo del

tiempo. Conexiones con Datos Observacionales: El Fermi LAT es una fuente de datos crucial para la astronomía de alta energía. Tener una representación visual de los datos del catálogo de Fermi LAT 14 years DR4 en un formato planetario permitiría a los investigadores comparar y conectar sus observaciones con datos históricos, mejorando así la comprensión de eventos cósmicos. Detección de Patrones: La visualización espacial en 3D ayuda a identificar patrones en la distribución de las fuentes de rayos gamma, lo que puede revelar información sobre la estructura del universo, la distribución de la materia oscura, o la evolución de galaxias. Esta capacidad de identificar patrones espaciales sería invaluable para astrofísicos que buscan descubrir nuevas características de estos eventos. Colaboración Interdisciplinaria: Dado que los astrofísicos colaboran con expertos en otras áreas como físicos de partículas y cosmólogos, una visualización planetaria les proporcionaría una plataforma común para discutir fenómenos complejos y teorías, ayudando a alinear sus investigaciones con las observaciones espaciales. Conclusión: Para los astrofísicos e investigadores, este tipo de visualización tiene un valor significativo porque facilita la exploración profunda de datos complejos en un formato intuitivo. Esto no solo mejora la capacidad de análisis, sino que también acelera el descubrimiento de nuevas teorías y patrones en el cosmos.

### **Tarea**

Se define que el grupo de enfoque serán astrofísicos e investigadores del espacio. Caracteriza a la población, entregando todos los segmentaciones importantes de este grupo de personas.

### **Respuesta**

Para caracterizar a la población objetivo de astrofísicos e investigadores del espacio, es importante analizar varias segmentaciones clave. Estas personas se encuentran principalmente en entornos académicos, centros de investigación y agencias espaciales, y sus características pueden variar según factores como su especialización, nivel educativo, ubicación geográfica y el tipo de institución a la que están vinculados. A continuación, te detallo algunas segmentaciones importantes:

1. Segmentación por Especialización Astrofísicos de alta energía: Este grupo está directamente interesado en las fuentes de rayos gamma, agujeros negros y supernovas. Trabajan con instrumentos como telescopios de rayos X y gamma, y están altamente enfocados en los datos del Fermi LAT y otros detectores de alta energía. Astrónomos observacionales: Son expertos en observar fenómenos cósmicos utilizando telescopios, incluidos los que capturan espectros electromagnéticos fuera del rango visible, como los rayos gamma. Cosmólogos: Están interesados en la estructura a gran escala del universo y cómo los eventos de alta energía influyen en la evolución cósmica. Físicos de partículas: Aunque su campo se enfoca más en las partículas subatómicas, hay una intersección con la astrofísica de altas energías, especialmente en la investigación de los rayos cósmicos y neutrinos.
2. Segmentación por Nivel Educativo Investigadores con doctorado: La mayoría de los astrofísicos que trabajan en investigaciones de rayos gamma poseen títulos de doctorado en áreas relacionadas con la física, la astrofísica o la astronomía. Este nivel educativo les permite desarrollar investigaciones avanzadas y liderar proyectos científicos internacionales. Estudiantes de posgrado: Un segmento relevante son los estudiantes que están realizando tesis de maestría o doctorado en astrofísica. Ellos también utilizan visualizaciones y simulaciones para entender fenómenos espaciales. Postdoctorales: Aquellos en programas de postdoctorado trabajan en investigaciones específicas, a menudo colaborando con investigadores principales en grandes proyectos internacionales.
3. Segmentación por Tipo de Institución Universidades y centros académicos: La mayoría de los astrofísicos e investigadores espaciales están vinculados a instituciones académicas donde conducen investigaciones, enseñan y colaboran en proyectos internacionales. Agencias espaciales: Instituciones como la NASA, la ESA (Agencia Espacial Europea), y otras agencias gubernamentales cuentan con equipos dedicados a la astrofísica y la investigación espacial, con un enfoque en misiones como el Fermi LAT. Institutos de investigación: Institutos como el CERN, el Instituto Max Planck o el Instituto de Astrofísica de París son centros clave para la investigación en astrofísica de altas energías y cosmología.

4. **Segmentación por Geografía** Investigadores en Norteamérica: Estados Unidos es uno de los líderes mundiales en investigación espacial, y muchos astrofísicos están asociados con instituciones como la NASA, Caltech, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, y Stanford. Investigadores en Europa: Europa alberga instituciones de renombre como la ESA, el CERN en Suiza, y el Instituto Max Planck en Alemania. Estos países tienen un enfoque fuerte en investigaciones sobre rayos gamma y astronomía. Asia y otras regiones: Japón y China han crecido rápidamente en investigaciones astronómicas con instituciones como el JAXA (Agencia Espacial Japonesa) y el Observatorio Astronómico Nacional de China.
5. **Segmentación por Tecnología y Herramientas Utilizadas** Investigadores con acceso a telescopios espaciales: Algunos astrofísicos tienen acceso directo a telescopios espaciales como el Fermi LAT, el Hubble y otros instrumentos orbitales. Este acceso les permite realizar análisis profundos de fenómenos de alta energía. Usuarios de simulaciones y visualizaciones: Muchos investigadores usan simulaciones y herramientas de visualización de datos complejos, como Matplotlib, Python, y software especializado para estudiar el comportamiento de las fuentes de rayos gamma y su distribución en el universo.
6. **Segmentación por Colaboración Internacional** Investigadores colaborando en proyectos globales: Muchos de estos profesionales participan en colaboraciones internacionales como el Observatorio Cherenkov o el Telescopio de Gran Área (LAT) del satélite Fermi. Estas colaboraciones requieren intercambio constante de datos, análisis conjuntos y contribuciones a papers científicos. Grupos multidisciplinarios: Los astrofísicos a menudo colaboran con físicos de partículas, ingenieros espaciales y expertos en visualización de datos para extraer conclusiones más completas de los eventos astronómicos.
7. **Segmentación por Edad y Experiencia** Investigadores senior: Profesores, investigadores principales y directores de proyectos son aquellos con mayor experiencia, muchas veces con décadas de trabajo en astrofísica. Investigadores junior y postdoctorales: Estos son profesionales en las primeras etapas de su carrera, generalmente más involucrados en la ejecución de experimentos y análisis de datos. **Conclusión** La segmentación del grupo objetivo de astrofísicos e investigadores del espacio es diversa, desde estudiantes en formación hasta investigadores con acceso a telescopios espaciales avanzados. Estos individuos trabajan en instituciones académicas y agencias espaciales de prestigio, colaborando en proyectos internacionales y utilizando herramientas avanzadas para visualizar y analizar datos del universo de alta energía. Esta caracterización nos permite identificar cómo una visualización tipo planetario de rayos gamma puede atender las necesidades y desafíos de diferentes subgrupos dentro de esta población.

## **Segmentación final**

Luego de un par de iteraciones se llegó a una segmentación mejorada a la cual aplicar el instrumento de encuesta: La segmentación es la siguiente en formato csv:

Segmentación Mejorada (Tipo de Usuario)	Rango Etario	Ubicación Geográfica	Objetivo de Investigación
Usuarios avanzados (acceso regular a datos Fermi)	30-65	Global	Fenómenos transitorios, objetos compactos
Usuarios moderados (uso intermitente)	25-60	Global	Distribución galáctica, evolución cósmica
Usuarios novatos (educación y divulgación)	25-40	Global	Aprendizaje y divulgación
Investigadores de agencias espaciales	30-65	EE.UU., Europa, Japón	Investigación aplicada a misiones espaciales
Investigadores académicos	25-65	Global (universidades e institutos)	Proyectos de investigación teórica y aplicada
Líderes de proyectos internacionales	40-65	Global	Coordinación y publicación de descubrimientos
Estudiantes y postdoctorales	25-35	Global	Aprendizaje, colaboraciones, primeras publicaciones
Investigadores con acceso limitado a tecnología	30-65	Países en desarrollo, regiones sin acceso	Uso de herramientas públicas o plataformas accesibles

## Encuesta de necesidades

### Instrumento de Encuesta para Astrofísicos e Investigadores del Espacio sobre Visualización de Datos de Rayos Gamma (Fermi LAT)

#### Sección 1: Perfil del Investigador

1. Área principal de investigación:

¿Cuál es su área principal de investigación?

- a) Fenómenos transitorios (GRBs, supernovas)
- b) Objetos compactos (púlsares, agujeros negros)
- c) Distribución galáctica y evolución cósmica
- d) Otra (Especifique: \_\_\_\_\_)

**2. Nivel de experiencia con datos de rayos gamma:**

¿Cuál es su nivel de experiencia con los datos del Fermi LAT?

- a) Avanzado (uso frecuente en investigaciones)
- b) Intermedio (uso ocasional)
- c) Principiante (aprendizaje o uso limitado)

**3. Frecuencia de uso de visualizaciones en su investigación:**

¿Con qué frecuencia utiliza visualizaciones para apoyar su investigación?

- a) Diariamente
  - b) Semanalmente
  - c) Mensualmente
  - d) Rara vez
- 

**Sección 2: Necesidades de Visualización**

**4. Características más importantes en una visualización de rayos gamma:**

¿Qué tan importantes considera las siguientes características en una visualización de rayos gamma?

*(Escala de 1 a 5, donde 1 = Nada importante, 3 = Neutral, y 5 = Muy importante)*

- Nivel de detalle en las fuentes
- Interactividad (rotación, zoom, etc.)
- Capacidad de agregar datos personalizados
- Exportación de imágenes o datos
- Visualización en tiempo real de eventos
- Comparación con otros espectros electromagnéticos (luz visible, rayos X, etc.)

**5. Exploración de patrones espaciales:**

¿Cuánto valora la capacidad de explorar patrones en la distribución espacial de las fuentes de rayos gamma?

- a) Muy importante
- b) Algo importante
- c) Poco importante

- d) Nada importante

**6. Tipo de interacción preferida en la visualización:**

¿Qué nivel de interacción preferiría en una visualización de rayos gamma?

- a) Observación pasiva (navegar sin modificar la visualización)
  - b) Interacción limitada (rotar, acercar/alejar). *Ejemplo: Poder rotar el universo visualizado para observar diferentes ángulos.*
  - c) Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos). *Ejemplo: Filtrar las fuentes por tipo o intensidad de los rayos gamma.*
  - d) Simulación interactiva (explorar diferentes eventos en tiempo real). *Ejemplo: Cambiar el tiempo de observación para ver cómo evoluciona una supernova.*
- 

**Sección 3: Funcionalidades Específicas**

**7. Comparación de la misma región del cielo en diferentes épocas:**

¿Qué tan útil le parecería una visualización de rayos gamma que permita comparar la misma región del cielo en diferentes épocas?

- a) Muy útil
- b) Útil
- c) Poco útil
- d) Innecesario

**8. Integración de otros datos:**

¿Le gustaría tener la opción de integrar otros datos (por ejemplo, luz visible o rayos X) con los rayos gamma en la misma visualización?

- a) Sí, definitivamente
  - b) Podría ser útil
  - c) No es necesario
-

#### Sección 4: Desafíos Actuales y Mejoras

**9. Principales desafíos con visualizaciones anteriores:**

¿Cuáles son los principales desafíos que ha enfrentado al usar visualizaciones anteriores de rayos gamma?

- a) Falta de detalle en las fuentes
- b) Dificultad para interactuar con los datos
- c) Falta de integración con otros datos (rayos X, luz visible, etc.)
- d) Problemas de rendimiento al visualizar grandes volúmenes de datos
- e) Otro (Especifique: \_\_\_\_\_)

**10. Mejoras deseadas en una visualización de rayos gamma:**

¿Qué mejoras específicas le gustaría ver en una visualización interactiva de rayos gamma? *(Respuesta abierta)*

---

#### Sección 5: Accesibilidad y Limitaciones Tecnológicas

**11. Limitaciones tecnológicas actuales:**

¿Qué limitaciones tecnológicas enfrenta actualmente al utilizar visualizaciones de datos espaciales?

- a) Hardware insuficiente (procesador, memoria, etc.)
  - b) Software complejo o de difícil acceso
  - c) Conexión a internet limitada
  - d) Ninguna
  - e) Otro (Especifique: \_\_\_\_\_)
- 

#### Sección 6: Sugerencias Finales

**12. Sugerencias adicionales:**

¿Hay alguna funcionalidad que considere indispensable en una visualización de rayos gamma para su investigación que no se haya mencionado? *(Respuesta abierta)*

## **Clasificación por Grupos a partir de los datos de encuesta:**

- **Agujeros Negros:**
  1. Emisiones de rayos gamma en agujeros negros supermasivos
  2. Rayos gamma en agujeros negros de masa estelar
  3. Rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros
  4. Rayos gamma en la dinámica de agujeros negros supermasivos
  5. Rayos gamma en la interacción de agujeros negros con su entorno
  6. Rayos gamma en núcleos galácticos activos y chorros relativistas
  7. Rayos gamma en el entorno de agujeros negros
  8. Rayos gamma en agujeros negros supermasivos
  9. Rayos gamma en la evolución de agujeros negros supermasivos
  10. Rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros
  11. Rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros supermasivos
  
- **Astrofísica de Altas Energías:**
  1. Interacciones entre rayos gamma y vientos estelares
  2. Emisiones de rayos gamma en estrellas binarias de rayos X
  3. Emisiones de rayos gamma en explosiones de rayos gamma (Gamma-Ray Bursts GRBs)
  4. Rayos gamma en fuentes de rayos cósmicos
  5. Rayos gamma en núcleos galácticos activos (AGN)
  6. Rayos gamma en fuentes compactas de alta energía
  7. Rayos gamma en fuentes extendidas
  8. Rayos gamma en la dinámica de estrellas masivas
  9. Rayos gamma en vientos estelares masivos
  10. Rayos gamma en fuentes compactas binarias
  11. Rayos gamma en el medio intergaláctico
  12. Rayos gamma en estrellas binarias de rayos X
  13. Rayos gamma en fuentes compactas de alta energía
  14. Rayos gamma en sistemas binarios de alta energía
  15. Rayos gamma en la dinámica de estrellas masivas
  16. Rayos gamma en emisiones de núcleos galácticos activos
  17. Rayos gamma en fuentes compactas y emisiones de alta energía
  18. Rayos gamma en explosiones de rayos gamma (GRBs)
  19. Rayos gamma en la interacción de vientos estelares masivos
  20. Rayos gamma en fuentes compactas de alta energía
  21. Rayos gamma en fuentes de rayos cósmicos
  22. Rayos gamma en emisiones de estrellas binarias de rayos X

- Astrofísica de Partículas:
  1. Astrofísica de partículas (rayos cósmicos neutrinos)
  
- Blazares:
  1. Radiación gamma en blazares y núcleos galácticos activos
  2. Rayos gamma en blazares
  3. Rayos gamma en blazares y núcleos galácticos activos
  4. Rayos gamma en blazares y variabilidad de núcleos galácticos activos
  5. Rayos gamma en blazares y núcleos galácticos activos
  
- Cosmología:
  1. Cosmología teórica
  2. Radiación cósmica de fondo y estructura a gran escala del universo
  3. Rayos gamma en la radiación cósmica de fondo
  4. Rayos gamma en la radiación cósmica de fondo
  5. Rayos gamma en la radiación cósmica de fondo
  
- Cúmulos:
  1. Rayos gamma de fuentes interestelares y cúmulos estelares
  2. Rayos gamma en cúmulos estelares
  3. Rayos gamma en cúmulos globulares
  4. Rayos gamma en cúmulos estelares jóvenes
  5. Rayos gamma en cúmulos globulares
  6. Rayos gamma en fuentes interestelares y cúmulos estelares
  7. Rayos gamma en cúmulos globulares
  8. Rayos gamma en la evolución de cúmulos estelares
  9. Rayos gamma en cúmulos globulares
  10. Rayos gamma en cúmulos estelares jóvenes
  
- Estrellas:
  1. Formación estelar y medio interestelar
  2. Rayos gamma en la formación de estrellas y medio interestelar
  3. Rayos gamma en la interacción entre vientos estelares masivos y el medio interestelar
  4. Rayos gamma en la formación estelar y su interacción con el medio interestelar
  5. Rayos gamma en la formación estelar y su relación con las emisiones de alta energía

- Exoplanetas y Discos:
  1. Exoplanetas y discos protoplanetarios
  2. Rayos gamma en exoplanetas y discos protoplanetarios
  
- Galaxias:
  1. Distribución galáctica y evolución cósmica
  2. Astronomía observacional (galaxias activas núcleos galácticos activos)
  3. Rayos gamma en galaxias activas
  4. Emisiones de rayos gamma en galaxias starburst
  5. Rayos gamma en galaxias enanas
  6. Rayos gamma en supercúmulos de galaxias
  7. Rayos gamma en la evolución de galaxias
  8. Rayos gamma en cúmulos de galaxias
  9. Rayos gamma en cúmulos de galaxias
  10. Rayos gamma en la dinámica de galaxias activas
  
- Materia Oscura:
  1. Rayos gamma en materia oscura
  2. Rayos gamma en la interacción de materia oscura con la materia normal
  3. Rayos gamma en la interacción de materia oscura con la materia normal
  4. Rayos gamma en la interacción entre materia oscura y materia normal
  5. Rayos gamma en la interacción de materia oscura con la materia normal
  
- Nebulosas:
  1. Emisiones de rayos gamma en nebulosas de viento de púlsar (Pulsar Wind Nebulae PWNe)
  
- Púlsares:
  1. Objetos compactos (púlsares agujeros negros)
  2. Radiación gamma en púlsares y estrellas de neutrones
  3. Rayos gamma en púlsares
  4. Rayos gamma en eventos de fusión de estrellas de neutrones
  5. Rayos gamma en púlsares
  6. Rayos gamma en púlsares y estrellas de neutrones

7. Rayos gamma en eventos de fusión de estrellas de neutrones
8. Rayos gamma en púlsares y estrellas de neutrones
9. Rayos gamma en púlsares y nebulosas de viento de púlsar (PWNe)

- Supernovas:

1. Fenómenos transitorios (GRBs supernovas)
2. Emisiones de rayos gamma de supernovas y restos de supernovas
3. Emisiones de rayos gamma en supernovas tipo Ia
4. Rayos gamma en remanentes de supernova
5. Rayos gamma en explosiones de supernovas
6. Rayos gamma en la aceleración de partículas en remanentes de supernova
7. Rayos gamma en restos de supernovas
8. Rayos gamma en fenómenos transitorios (explosiones de rayos gamma supernovas etc.)
9. Rayos gamma en explosiones de supernovas
10. Rayos gamma en emisiones de supernovas y remanentes
11. Rayos gamma en explosiones de supernovas
12. Rayos gamma en supernovas tipo Ia
13. Rayos gamma en la aceleración de partículas en remanentes de supernova
14. Rayos gamma en explosiones de rayos gamma (GRBs) y sus remanentes

## ENCUESTA 100 ASTRONOMOS

Análisis de Usabilidad y Experiencia de Usuario en Herramientas de Investigación Astronómica													Resumen de Hallazgos y Recomendaciones					
ID del Investigador	Área principal de investigación	Nivel de experiencia con datos de rayos gamma	Frecuencia de uso de visualizaciones	Nivel de detalle en las fuentes (rotación, zoom, etc.)	Interactividad (rotación, zoom, etc.)	Capacidad de agregar datos personalizados	Exportación de imágenes o datos	Visualización en tiempo real de eventos	Comparación con otros espectros electromagnéticos	Exploración de Patrones Espaciales	Tipo de Interacción Preferida	Comparación de la Misma Región en Diferentes Épocas	Integración de Otros Datos	Principales Visualizaciones Anteriores	Desafíos con Mejoras Específicas	Sugeridas	Limitaciones Tecnológicas Actuales	Sugerencias Finales
Astrónomo 1	Objetos compactos (púlsares, agujeros negros)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	3	5	2	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Falta de integración con otros datos (rayos X, luz visible, etc.) Dificultad para interactuar con los datos	Mejor integración de diferentes espectros Mayor capacidad para personalizar las fuentes observadas	Ninguna	Incluir una mejor representación de las fuentes extendidas en las visualizaciones. Esto es crucial para el estudio de púlsares y otros objetos compactos.	
Astrónomo 2	Distribución galáctica y evolución cósmica	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	5	5	3	3	4	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Podría ser útil	Dificultad para interactuar con los datos Falta de integración con otros datos (rayos X, luz visible, etc.)	Agregar más opciones de personalización para adaptar la visualización a investigaciones sobre la evolución cósmica Mejorar la integración de datos de diferentes épocas	Software complejo	Simplificar la interfaz de usuario para mejorar la usabilidad y reducir la curva de aprendizaje, especialmente para usuarios no expertos.	
Astrónomo 3	Fenómenos transitorios (GRBs, supernovas)	Principiante (aprendizaje o uso limitado)	Mensualmente	3	5	2	3	5	3	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Podría ser útil	Dificultad para manejar grandes volúmenes de datos Interfaz compleja y difícil de aprender	Simplificar la interfaz para investigadores novatos Mejora en el manejo de grandes volúmenes de datos	Hardware insuficiente	Incluir una opción para reducir la carga de procesamiento para quienes usan hardware limitado, como versiones de menor resolución o datos comprimidos.	
Astrónomo 4	Cosmología teórica	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	4	5	2	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Falta de integración de datos a gran escala Dificultad para exportar imágenes en alta resolución para análisis comparativos	Mayor capacidad de integración de grandes volúmenes de datos Exportación de imágenes y datos en formatos avanzados para investigación teórica	Ninguna	Incluir funciones más avanzadas para la exportación de datos, idealmente en formatos personalizados según las necesidades de cada investigador.	
Astrónomo 5	Astrofísica de partículas (rayos cósmicos, neutrinos)	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	5	4	3	4	4	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para integrar datos de diferentes fuentes Problemas con la precisión en la localización de fuentes puntuales de alta energía	Mejorar la precisión en la representación de fuentes puntuales Mayor capacidad de integrar datos de diferentes experimentos (rayos cósmicos, neutrinos)	Ninguna	Incluir la posibilidad de integrar datos de otros experimentos de alta energía, como los provenientes de detectores de rayos cósmicos y neutrinos, para investigaciones comparativas.	
Astrónomo 6	Astronomía observacional (galaxias activas, núcleos galácticos activos)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	3	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Falta de precisión en la resolución de imágenes de galaxias activas Dificultad para comparar datos con otros espectros en el mismo entorno	Ampliar la capacidad de integración de datos multiespectrales para estudios de núcleos galácticos activos	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para el análisis comparativo de núcleos galácticos activos con datos multiespectrales, especialmente con rayos X y radiofrecuencias.	
Astrónomo 7	Formación estelar y medio interestelar	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	5	4	3	2	4	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Podría ser útil	Dificultad para manejar grandes volúmenes de datos Falta de herramientas para explorar la relación entre las estructuras galácticas y las fuentes de rayos gamma	Mejora en el manejo de grandes volúmenes de datos Mayor capacidad para superponer estructuras galácticas con fuentes de rayos gamma	Hardware insuficiente	Incluir funciones que permitan explorar correlaciones entre las estructuras galácticas y las emisiones de rayos gamma, cruciales para estudios de formación estelar y medio interestelar.	
Astrónomo 8	Exoplanetas y discos protoplanetarios	Principiante (aprendizaje o uso limitado)	Rara vez	3	2	3	2	3	3	Poco importante	Observación pasiva (navegar sin modificar la visualización)	Poco útil	Podría ser útil	Falta de familiaridad con las herramientas Dificultad para integrar datos espectrales relevantes para estudios de exoplanetas	Mejoras en la accesibilidad y simplicidad de las herramientas para usuarios novatos Facilitar la integración de datos espectrales de luz visible e infrarrojo	Ninguna	Incluir tutoriales interactivos que faciliten el uso de las visualizaciones para investigadores menos familiarizados con los datos de rayos gamma.	
Astrónomo 9	Radiación cósmica de fondo y estructura a gran escala del universo	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	4	5	2	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Falta de integración de datos a gran escala, particularmente con mediciones de la radiación cósmica de fondo Dificultad para realizar comparaciones a gran escala en diferentes épocas cósmicas	Mayor capacidad para integrar datos a gran escala Herramientas avanzadas para análisis multiespectral y comparación entre distintas épocas del universo	Ninguna	Incluir funcionalidades para realizar estudios comparativos a gran escala de la radiación cósmica de fondo en diferentes épocas, con una integración multiespectral avanzada.	
Astrónomo 10	Emisiones de rayos gamma de supernovas y restos de supernovas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Semanalmente	5	4	5	4	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Falta de integración de datos entre espectros de rayos gamma y rayos X para estudiar la interacción entre las ondas de choque de las supernovas y su entorno. Dificultad para analizar la evolución de los restos de supernovas a lo largo del tiempo.	Mayor capacidad para integrar datos multiespectrales, especialmente entre rayos gamma y rayos X. Herramientas que permitan realizar estudios comparativos de los restos de supernovas en diferentes épocas.	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para estudios multiespectrales que integren datos de rayos X y gamma, enfocándose en la evolución de las supernovas y sus restos a lo largo del tiempo.	
Astrónomo 11	Radiación gamma en blazares y núcleos galácticos activos	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	5	4	3	2	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Falta de integración de datos entre diferentes bandas espectrales para estudiar la variabilidad de blazares. Dificultad para personalizar los filtros y la visualización según los datos requeridos para estudios de núcleos galácticos activos.	Mayor capacidad para integrar datos de múltiples espectros (rayos gamma, rayos X, radio) para análisis simultáneo. Herramientas que permitan realizar estudios avanzados de variabilidad en blazares a lo largo del tiempo.	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para estudiar la variabilidad de blazares en múltiples bandas espectrales y en diferentes épocas.	
Astrónomo 12	Rayos gamma de fuentes interestelares y cúmulos estelares	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	4	3	3	2	4	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Podría ser útil	Falta de herramientas adecuadas para explorar correlaciones entre fuentes interestelares y emisiones de rayos gamma. Dificultad para personalizar las visualizaciones de cúmulos estelares en diferentes épocas.	Incluir opciones que permitan comparar diferentes épocas para estudiar la evolución de cúmulos estelares. Mayor capacidad para integrar datos de diferentes fuentes interestelares.	Ninguna	Incluir herramientas que faciliten el análisis comparativo de cúmulos estelares en distintas épocas y la correlación de sus emisiones de rayos gamma con otras fuentes interestelares.	
Astrónomo 13	Radiación gamma en púlsares y estrellas de neutrones	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	4	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para realizar estudios multiespectrales simultáneos entre rayos gamma y rayos X para analizar los campos magnéticos en púlsares. Falta de herramientas para analizar	Mayor capacidad para integrar datos multiespectrales, especialmente rayos gamma y rayos X. Herramientas avanzadas para estudios comparativos en la	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para analizar la evolución de púlsares y estrellas de neutrones en múltiples espectros, integrando datos de rayos gamma y rayos X.	

													la evolución de estrellas de neutrones a lo largo de varias épocas.	evolución de estrellas de neutrones y sus emisiones de rayos gamma.			
Astrónomo 14	Emisiones de rayos gamma en agujeros negros supermasivos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	2	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para analizar la variabilidad de las emisiones de rayos gamma en las cercanías de agujeros negros supermasivos en diferentes épocas. Falta de integración de datos multispectrales entre rayos gamma, rayos X y ondas de radio.	Herramientas para análisis comparativo multispectral que incluyan datos de rayos gamma, rayos X y ondas de radio. Mejorar la resolución espacial en las visualizaciones de las cercanías de agujeros negros supermasivos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para análisis multispectral y de variabilidad en las emisiones de rayos gamma de agujeros negros supermasivos en diferentes épocas y espectros.
Astrónomo 15	Interacciones entre rayos gamma y vientos estelares	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	3	4	3	2	4	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Podría ser útil	Dificultad para integrar datos de vientos estelares y su interacción con rayos gamma en una misma visualización. Herramientas limitadas para personalizar el análisis de interacciones estelares.	Herramientas avanzadas que permitan superponer datos de vientos estelares y rayos gamma para análisis más detallados. Mayor capacidad para ajustar la visualización en función de los parámetros específicos de los vientos estelares.	Ninguna	Incluir funcionalidades para correlacionar la interacción entre rayos gamma y vientos estelares, con opciones avanzadas para personalizar los parámetros de estudio.
Astrónomo 16	Emisiones de rayos gamma en estrellas binarias de rayos X	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	4	4	3	3	5	Algo importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Útil	Sí, definitivamente	Falta de herramientas que permitan estudiar la evolución temporal de las estrellas binarias y su relación con las emisiones de rayos gamma. Dificultad para integrar datos de rayos X y rayos gamma en una sola visualización.	Herramientas avanzadas que permitan un análisis comparativo en diferentes épocas para estudiar las emisiones de rayos gamma en estrellas binarias. Integración más fluida entre los datos de rayos X y rayos gamma para facilitar la correlación de sus fuentes.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para el estudio comparativo de emisiones en estrellas binarias de rayos X, con integración de datos multispectrales de rayos X y rayos gamma.
Astrónomo 17	Emisiones de rayos gamma en explosiones de rayos gamma (Gamma-Ray Bursts, GRBs)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	5	4	5	5	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para analizar la evolución de explosiones de rayos gamma en tiempo real y correlacionarlas con otros espectros como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución rápida de los GRBs en diferentes fases.	Herramientas que permitan monitorear y visualizar explosiones de rayos gamma en tiempo real, integrando datos de diferentes espectros electromagnéticos. Mayor capacidad para personalizar el análisis de las fases de evolución de los GRBs.	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para analizar las explosiones de rayos gamma en tiempo real con integración multispectral para estudios correlativos en diferentes fases de evolución.
Astrónomo 18	Emisiones de rayos gamma en supernovas tipo Ia	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	4	4	3	2	5	Algo importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para analizar la evolución de las supernovas tipo Ia y su correlación con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para observar las diferentes fases de la explosión en múltiples espectros.	Herramientas avanzadas que permitan comparar los datos de supernovas tipo Ia en múltiples épocas y espectros. Mayor integración de los espectros electromagnéticos en las visualizaciones para estudios de evolución estelar.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de supernovas tipo Ia en múltiples espectros y épocas, permitiendo una mayor integración de datos de rayos gamma, rayos X y luz visible.
Astrónomo 19	Rayos gamma en galaxias activas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	4	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en galaxias activas con otros datos espectrales, como rayos X y radio. Falta de herramientas para analizar la evolución de las galaxias activas en múltiples épocas.	Herramientas que permitan integrar múltiples espectros en tiempo real para estudiar la evolución de las galaxias activas. Mayor capacidad para personalizar las visualizaciones según los parámetros específicos de las galaxias activas.	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para la correlación multispectral en galaxias activas, y herramientas que permitan estudiar su evolución en diferentes épocas.
Astrónomo 20	Emisiones de rayos gamma en nebulosas de viento de púlsar (Pulsar Wind Nebulae, PWNe)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Semanalmente	5	4	4	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma con otros espectros como rayos X y radio en estudios de nebulosas de viento de púlsar. Falta de herramientas para analizar la evolución de las PWNe en múltiples épocas.	Herramientas avanzadas para estudios multispectrales de PWNe, permitiendo integrar y comparar datos en diferentes épocas. Mayor capacidad para personalizar los filtros y las visualizaciones basados en los datos de PWNe.	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para la correlación multispectral en estudios de PWNe y herramientas para analizar su evolución en múltiples épocas.
Astrónomo 21	Emisiones de rayos gamma en galaxias starburst	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	4	3	3	2	5	Algo importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar emisiones de rayos gamma en galaxias starburst con otros espectros, como el infrarrojo y la luz visible. Falta de herramientas para estudiar la relación entre la formación estelar intensa y las emisiones de rayos gamma en estas galaxias.	Herramientas avanzadas para integrar espectros multispectrales en estudios de galaxias starburst, especialmente con datos del infrarrojo y luz visible. Mayor capacidad para personalizar las visualizaciones para analizar la evolución de la formación estelar y las emisiones de rayos gamma.	Ninguna	Incluir herramientas para correlacionar las emisiones de rayos gamma con la formación estelar en galaxias starburst, utilizando datos multispectrales.
Astrónomo 22	Rayos gamma en agujeros negros de masa estelar	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	4	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para integrar datos de rayos gamma con otros espectros, como rayos X y luz visible, en estudios de agujeros negros de masa estelar. Falta de herramientas para analizar la evolución de las emisiones en diferentes fases de acreción de los agujeros negros.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de las emisiones de rayos gamma en diferentes fases de acreción de agujeros negros. Mayor capacidad para integrar datos multispectrales, en particular rayos X y luz visible, para estudios de agujeros negros de masa estelar.	Ninguna	Incluir funcionalidades avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros de masa estelar en diferentes espectros y fases de acreción, permitiendo correlaciones detalladas con otros datos espectrales.
Astrónomo 23	Rayos gamma en blazares	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar emisiones de rayos gamma en blazares con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de los blazares en diferentes épocas y fases de actividad.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de blazares en diferentes fases, integrando datos multispectrales como rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y opciones de visualización en función de las características de los blazares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de blazares en múltiples espectros, con la capacidad de correlacionar emisiones de rayos gamma con otros espectros en diferentes fases de actividad.

Astrónomo 24	Rayos gamma en remanentes de supernova	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	4	3	3	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en remanentes de supernova con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de los remanentes en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para estudios comparativos multiespectrales de remanentes de supernova. Mayor capacidad para integrar datos de rayos gamma, rayos X y luz visible en el análisis.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para analizar la evolución de remanentes de supernova en diferentes épocas, integrando datos multiespectrales.
Astrónomo 25	Rayos gamma en fuentes de rayos cósmicos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos cósmicos y rayos gamma, especialmente en regiones con fuentes extendidas. Falta de herramientas para analizar la evolución de las fuentes de rayos cósmicos en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para integrar datos de rayos cósmicos y rayos gamma en un análisis comparativo, especialmente para fuentes extendidas. Mayor capacidad para personalizar filtros de análisis en función de los parámetros específicos de las fuentes de rayos cósmicos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para analizar y correlacionar fuentes de rayos cósmicos con rayos gamma, permitiendo un análisis multiespectral en diferentes épocas.
Astrónomo 26	Rayos gamma en cúmulos estelares	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos estelares con otros espectros como el infrarrojo y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos estelares en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de cúmulos estelares en diferentes épocas y espectros. Mayor capacidad para integrar datos de rayos gamma, infrarrojo y luz visible en un solo análisis.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para el análisis multiespectral de cúmulos estelares correlacionando datos de rayos gamma con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 27	Rayos gamma en núcleos galácticos activos (AGN)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar emisiones de rayos gamma en AGNs con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de AGNs en diferentes épocas y fases de actividad.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución de los AGNs, integrando datos multiespectrales como rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros de análisis y visualización para los datos de los AGNs.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para analizar AGNs en múltiples espectros, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio en diferentes fases de actividad.
Astrónomo 28	Rayos gamma en fuentes compactas de alta energía	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma con otros espectros como rayos X y luz visible en fuentes compactas de alta energía. Falta de herramientas para estudiar la evolución de estas fuentes en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para análisis multiespectral de fuentes compactas de alta energía, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros de análisis en estudios de evolución de fuentes compactas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para el análisis multiespectral y la evolución temporal de fuentes compactas de alta energía en rayos gamma integrando datos de rayos X y luz visible.
Astrónomo 29	Rayos gamma en exoplanetas y discos protoplanetarios	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar emisiones de rayos gamma con otros espectros como infrarrojo y luz visible en estudios de discos protoplanetarios y exoplanetas. Falta de herramientas para analizar la evolución de discos protoplanetarios y las emisiones asociadas en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para el análisis multiespectral de discos protoplanetarios y exoplanetas, integrando datos de infrarrojo, luz visible y rayos gamma. Mayor capacidad para personalizar filtros de análisis en estudios de evolución planetaria.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de exoplanetas y discos protoplanetarios en múltiples espectros integrando datos de rayos gamma, infrarrojo y luz visible.
Astrónomo 30	Rayos gamma en púlsares	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar emisiones de rayos gamma de púlsares con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para analizar la evolución de los púlsares en diferentes fases de actividad.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de púlsares en diferentes espectros y fases, integrando datos de rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros de análisis y visualización en estudios de púlsares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para analizar púlsares en múltiples espectros, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio en diferentes fases de actividad.
Astrónomo 31	Rayos gamma en galaxias enanas	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar emisiones de rayos gamma en galaxias enanas con otros espectros como luz visible y rayos X. Falta de herramientas para estudiar la evolución de galaxias enanas en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para el análisis comparativo de galaxias enanas en diferentes épocas, integrando datos de rayos gamma, luz visible y rayos X. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de evolución galáctica.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para el análisis multiespectral de galaxias enanas, permitiendo la correlación de datos de rayos gamma con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 32	Rayos gamma en fuentes extendidas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	5	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para manejar grandes volúmenes de datos de fuentes extendidas y correlacionarlos con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para analizar la evolución de fuentes extendidas en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para el manejo de grandes volúmenes de datos en fuentes extendidas, con capacidad para integrarlos con otros espectros como rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de evolución de fuentes extendidas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para el análisis de fuentes extendidas, con capacidad de manejar grandes volúmenes de datos y correlacionarlos con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 33	Rayos gamma en supercúmulos de galaxias	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	4	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en supercúmulos de galaxias con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para analizar la distribución y evolución de rayos gamma en supercúmulos en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para el análisis de la distribución de rayos gamma en supercúmulos de galaxias, integrando datos de rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de evolución de supercúmulos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la distribución de rayos gamma en supercúmulos de galaxias, con capacidad de correlacionar datos de diferentes espectros en distintas épocas.
Astrónomo 34	Rayos gamma en materia oscura	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma relacionados con materia oscura con otros espectros. Falta de herramientas para analizar la distribución y el comportamiento de la materia oscura en diferentes regiones del universo.	Herramientas avanzadas para el análisis de datos de rayos gamma relacionados con materia oscura, integrando datos de otros espectros y simulaciones de materia oscura. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en el análisis.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la correlación entre rayos gamma y materia oscura con capacidad de integrar datos de diferentes espectros y realizar simulaciones.

																	de la distribución de materia oscura.			
Astrónomo 35	Rayos gamma en la radiación cósmica de fondo	Intermedio (uso ocasional)	Mensualmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la radiación cósmica de fondo con otros espectros, como microondas y luz visible. Falta de herramientas para analizar la evolución de la radiación cósmica de fondo en diferentes épocas del universo.	Herramientas avanzadas para el análisis de la radiación cósmica de fondo en rayos gamma, integrando datos de otros espectros. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios sobre la evolución de la radiación cósmica.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la radiación cósmica de fondo en rayos gamma permitiendo correlaciones con otros espectros y la evolución del universo en diferentes épocas.
Astrónomo 36	Rayos gamma en eventos de fusión de estrellas de neutrones	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en eventos de fusión de estrellas de neutrones con otros espectros, como luz visible y ondas gravitacionales. Falta de herramientas para analizar la evolución de estos eventos en diferentes fases.	Herramientas avanzadas para el análisis de eventos de fusión de estrellas de neutrones, integrando datos de rayos gamma, luz visible y ondas gravitacionales. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de evolución de eventos de fusión.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la correlación entre rayos gamma y eventos de fusión de estrellas de neutrones, integrando datos de múltiples espectros y fases.
Astrónomo 37	Rayos gamma en la evolución de galaxias	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la evolución de galaxias con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar cómo las emisiones de rayos gamma influyen en la evolución de las galaxias a lo largo del tiempo.	Herramientas avanzadas para el análisis de la evolución de galaxias mediante la integración de datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de evolución galáctica.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de galaxias en relación con las emisiones de rayos gamma, integrando datos de diferentes espectros en distintas épocas.
Astrónomo 38	Rayos gamma en la interacción de materia oscura con la materia normal	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar las interacciones de materia oscura y materia normal en eventos de rayos gamma con otros espectros. Falta de herramientas para analizar la distribución y la naturaleza de la materia oscura en diferentes regiones del universo.	Herramientas avanzadas para el análisis de la interacción entre materia oscura y materia normal, integrando datos de rayos gamma con otros espectros. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de materia oscura.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar las interacciones de materia oscura y materia normal mediante datos de rayos gamma, con capacidad de integrar datos de diferentes espectros.
Astrónomo 39	Rayos gamma en la dinámica de estrellas masivas	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	4	3	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la dinámica de estrellas masivas con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de estrellas masivas en diferentes fases de su ciclo de vida.	Herramientas avanzadas para analizar la dinámica de estrellas masivas, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución estelar.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de estrellas masivas y su relación con las emisiones de rayos gamma, integrando datos de múltiples espectros en diferentes fases.
Astrónomo 40	Rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la formación de agujeros negros con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la dinámica de los agujeros negros en diferentes fases de su formación.	Herramientas avanzadas para analizar la formación y evolución de agujeros negros, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de dinámica de agujeros negros.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la formación y evolución de agujeros negros mediante datos de rayos gamma, con capacidad de integrar información de otros espectros.
Astrónomo 41	Rayos gamma en la dinámica de agujeros negros supermasivos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma de agujeros negros supermasivos con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la dinámica y evolución de estos agujeros negros en diferentes fases de actividad.	Herramientas avanzadas para analizar la dinámica de agujeros negros supermasivos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de agujeros negros supermasivos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la dinámica de agujeros negros supermasivos mediante datos de rayos gamma, con capacidad de integrar información de otros espectros en diferentes fases.
Astrónomo 42	Rayos gamma en la interacción de agujeros negros con su entorno	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la interacción de agujeros negros con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la influencia del entorno en las emisiones de rayos gamma de agujeros negros.	Herramientas avanzadas para analizar la interacción de agujeros negros con su entorno, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de interacción entre agujeros negros y su entorno.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción de agujeros negros con su entorno mediante datos de rayos gamma, con capacidad de integrar información de otros espectros.
Astrónomo 43	Rayos gamma en explosiones de supernovas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	4	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en explosiones de supernovas con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de supernovas y sus restos en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar explosiones de supernovas y la evolución de sus restos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de supernovas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de explosiones de supernovas mediante datos de rayos gamma, integrando otros espectros en estudios comparativos de diferentes épocas.
Astrónomo 44	Rayos gamma en la aceleración de partículas en remanentes de supernova	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	4	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente				Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma con otros espectros en el estudio de la aceleración de partículas en remanentes de supernova. Falta de herramientas para analizar cómo se acelera la materia a lo largo del tiempo en los remanentes de supernova.	Herramientas avanzadas para analizar la aceleración de partículas en remanentes de supernova, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de remanentes de supernova y aceleración de partículas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la aceleración de partículas en remanentes de supernova mediante datos de rayos gamma, con capacidad de integrar otros espectros en diferentes épocas.

Astrónomo 45	Rayos gamma en blazares y núcleos galácticos activos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	5	5	4	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en blazares con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la variabilidad de los blazares en diferentes épocas y en múltiples espectros.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución y variabilidad de blazares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible en estudios comparativos a lo largo del tiempo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de blazares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de blazares y núcleos galácticos activos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y otros espectros para analizar su variabilidad a lo largo del tiempo.
Astrónomo 46	Rayos gamma en cúmulos globulares	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos globulares con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de los cúmulos globulares y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de cúmulos globulares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros en estudios de cúmulos globulares y sus emisiones.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar cúmulos globulares, con capacidad para correlacionar datos de rayos gamma y otros espectros, permitiendo análisis comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 47	Rayos gamma en núcleos galácticos activos y chorros relativistas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	5	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en núcleos galácticos activos y chorros relativistas con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de los chorros relativistas en diferentes épocas y en múltiples espectros.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución de núcleos galácticos activos y chorros relativistas, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio en estudios comparativos. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de chorros relativistas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar núcleos galácticos activos y chorros relativistas integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio permitiendo análisis comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 48	Rayos gamma en vientos estelares masivos	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en vientos estelares masivos con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de los vientos estelares y su impacto en las emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar los vientos estelares masivos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución estelar y emisiones de rayos gamma.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción entre vientos estelares masivos y emisiones de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 49	Rayos gamma en la formación de estrellas y medio interestelar	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma con procesos de formación estelar y medio interestelar, y con otros espectros como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar la evolución de la formación estelar en relación con las emisiones de rayos gamma.	Herramientas avanzadas para estudiar la formación estelar y la evolución del medio interestelar, integrando datos de rayos gamma, rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de formación estelar.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la correlación entre formación estelar, medio interestelar y emisiones de rayos gamma integrando datos de múltiples espectros y fases.
Astrónomo 50	Rayos gamma en cúmulos estelares jóvenes	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos estelares jóvenes con otros espectros como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos estelares jóvenes en relación con las emisiones de rayos gamma.	Herramientas avanzadas para analizar cúmulos estelares jóvenes, integrando datos de rayos gamma, rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución estelar.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de cúmulos estelares jóvenes mediante datos de rayos gamma, integrando otros espectros y permitiendo análisis comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 51	Rayos gamma en fuentes compactas binarias	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en fuentes compactas binarias con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de fuentes compactas binarias y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de fuentes compactas binarias, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de sistemas binarios compactos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fuentes compactas binarias mediante datos de rayos gamma, permitiendo análisis comparativos en diferentes épocas y espectros.
Astrónomo 52	Rayos gamma en el entorno de agujeros negros	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en el entorno de agujeros negros con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución del entorno de los agujeros negros en múltiples épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución del entorno de agujeros negros, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible en estudios comparativos. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de agujeros negros y su entorno.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución del entorno de los agujeros negros mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 53	Rayos gamma en el medio intergaláctico	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en el medio intergaláctico con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución del medio intergaláctico en relación con las emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar el medio intergaláctico, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución del medio intergaláctico.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución del medio intergaláctico mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 54	Rayos gamma en restos de supernovas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en restos de supernovas con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de restos de supernovas y la aceleración de partículas en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución de restos de supernovas y su relación con la aceleración de partículas, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de remanentes de supernovas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de restos de supernovas y la aceleración de partículas mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros.

Astrónomo 55	Rayos gamma en blazares y variabilidad de núcleos galácticos activos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	5	5	4	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en blazares y núcleos galácticos activos con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la variabilidad de los blazares y núcleos galácticos activos en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución y variabilidad de blazares y núcleos galácticos activos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de variabilidad de núcleos galácticos activos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la variabilidad de blazares y núcleos galácticos activos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 56	Rayos gamma en cúmulos de galaxias	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	4	4	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos de galaxias con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos de galaxias y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de cúmulos de galaxias, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de cúmulos galácticos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar cúmulos de galaxias mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 57	Rayos gamma en estrellas binarias de rayos X	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en estrellas binarias de rayos X con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de estrellas binarias y su relación con las emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución de estrellas binarias de rayos X, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de estrellas binarias.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de estrellas binarias de rayos X mediante datos de rayos gamma, integrando otros espectros en estudios comparativos de diferentes épocas.
Astrónomo 58	Rayos gamma en cúmulos globulares	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos globulares con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos globulares y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de cúmulos globulares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de cúmulos globulares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de cúmulos globulares mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 59	Rayos gamma en agujeros negros supermasivos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en agujeros negros supermasivos con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de agujeros negros supermasivos en diferentes fases de actividad.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de agujeros negros supermasivos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio en estudios comparativos. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de agujeros negros supermasivos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros supermasivos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros en diferentes épocas.
Astrónomo 60	Rayos gamma en púlsares	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en púlsares con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de púlsares y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de púlsares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de púlsares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar púlsares mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y análisis comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 61	Rayos gamma en fenómenos transitorios (explosiones de rayos gamma, supernovas, etc.)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	5	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en explosiones de rayos gamma (GRBs) y otros fenómenos transitorios con otros espectros como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de fenómenos transitorios en tiempo real.	Herramientas avanzadas para estudiar fenómenos transitorios, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio, con una visualización en tiempo real de los eventos. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de fenómenos transitorios.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fenómenos transitorios (GRBs, supernovas, etc.) con capacidad de visualización en tiempo real y correlación con otros espectros en diferentes fases del evento.
Astrónomo 62	Rayos gamma en la interacción de materia oscura con la materia normal	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma que podrían estar relacionados con interacciones de materia oscura y materia normal con otros espectros, como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar la evolución de la interacción de materia oscura y normal en diferentes regiones del universo.	Herramientas avanzadas para analizar la interacción entre materia oscura y materia normal, integrando datos de rayos gamma y otros espectros, como rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de materia oscura.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción de materia oscura y materia normal mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y análisis comparativos en diferentes regiones del universo.
Astrónomo 63	Rayos gamma en explosiones de supernovas	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en explosiones de supernovas con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de las explosiones de supernovas y sus remanentes en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de explosiones de supernovas, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de remanentes de supernovas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de explosiones de supernovas y sus remanentes mediante datos de rayos gamma con capacidad de correlación con otros espectros y análisis comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 64	Rayos gamma en púlsares y estrellas de neutrones	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en púlsares y estrellas de neutrones con otros espectros como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de púlsares y estrellas de neutrones en diferentes épocas y su relación con las emisiones de rayos gamma.	Herramientas avanzadas para analizar púlsares y estrellas de neutrones, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de estrellas de neutrones.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de púlsares y estrellas de neutrones mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y análisis comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 65	Rayos gamma en cúmulos de galaxias	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos de galaxias con otros espectros como	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de cúmulos de galaxias, integrando datos de	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar cúmulos de galaxias mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros

														rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos de galaxias y sus emisiones en diferentes épocas.	rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de cúmulos galácticos.	espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 66	Rayos gamma en fuentes compactas de alta energía	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en fuentes compactas de alta energía con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de fuentes compactas de alta energía en diferentes épocas y su relación con las emisiones de rayos gamma.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de fuentes compactas de alta energía, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de fuentes compactas.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fuentes compactas de alta energía mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a largo del tiempo.
Astrónomo 67	Rayos gamma en la interacción entre vientos estelares masivos y el medio interestelar	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la interacción entre vientos estelares masivos y el medio interestelar con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar cómo los vientos estelares masivos interactúan con el medio interestelar en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la interacción entre vientos estelares masivos y el medio interestelar, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de vientos estelares.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción entre vientos estelares masivos y el medio interestelar mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 68	Rayos gamma en fuentes interestelares y cúmulos estelares	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en fuentes interestelares y cúmulos estelares con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de fuentes interestelares y cúmulos estelares en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de fuentes interestelares y cúmulos estelares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de cúmulos estelares.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fuentes interestelares y cúmulos estelares mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 69	Rayos gamma en la evolución de agujeros negros supermasivos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la evolución de agujeros negros supermasivos con otros espectros como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar cómo evolucionan los agujeros negros supermasivos en diferentes fases y su relación con las emisiones de rayos gamma.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros supermasivos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de agujeros negros supermasivos.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros supermasivos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y análisis comparativos en diferentes fases de su evolución.
Astrónomo 70	Rayos gamma en la formación estelar y su interacción con el medio interestelar	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la formación estelar con otros espectros, como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar la evolución de regiones de formación estelar y su interacción con el medio interestelar a lo largo del tiempo.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de regiones de formación estelar, integrando datos de rayos gamma, rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de formación estelar.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de la formación estelar y su interacción con el medio interestelar mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 71	Rayos gamma en sistemas binarios de alta energía	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en sistemas binarios de alta energía con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de sistemas binarios de alta energía y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de sistemas binarios de alta energía, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de sistemas binarios de alta energía.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar sistemas binarios de alta energía mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y ondas gravitacionales para un análisis más profundo en tiempo real.
Astrónomo 72	Rayos gamma en eventos de fusión de estrellas de neutrones	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	5	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en eventos de fusión de estrellas de neutrones con otros espectros, como rayos X y ondas gravitacionales. Falta de herramientas para estudiar la evolución de eventos de fusión de estrellas de neutrones en diferentes épocas y correlacionar las emisiones con otros fenómenos astrofísicos.	Herramientas avanzadas para estudiar eventos de fusión de estrellas de neutrones, integrando datos de rayos gamma, rayos X y ondas gravitacionales. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de eventos de fusión de estrellas de neutrones.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar eventos de fusión de estrellas de neutrones mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y ondas gravitacionales para un análisis más profundo en tiempo real.
Astrónomo 73	Rayos gamma en la dinámica de estrellas masivas	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la dinámica de estrellas masivas con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar cómo la evolución de estrellas masivas afecta las emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la dinámica de estrellas masivas, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de estrellas masivas.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de estrellas masivas mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 74	Rayos gamma en la radiación cósmica de fondo	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la radiación cósmica de fondo con otros espectros, como rayos X y microondas. Falta de herramientas para estudiar	Herramientas avanzadas para estudiar la radiación cósmica de fondo, integrando datos de rayos gamma, microondas y rayos X. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios del	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la radiación cósmica de fondo mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.

														la evolución de la radiación cósmica de fondo en diferentes épocas y correlacionarla con otros fenómenos del universo temprano.	universo temprano y la radiación cósmica de fondo.		
Astrónomo 75	Rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de agujeros negros en diferentes fases y correlacionar su crecimiento y emisiones con otros fenómenos astrofísicos.	Herramientas avanzadas para estudiar la formación y evolución de agujeros negros, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de agujeros negros.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes fases de su formación y crecimiento.
Astrónomo 76	Rayos gamma en la interacción entre materia oscura y materia normal	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma que podrían estar asociados a la interacción entre materia oscura y materia normal con otros espectros, como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar la evolución de estas interacciones en diferentes regiones del universo.	Herramientas avanzadas para analizar la interacción entre materia oscura y materia normal, integrando datos de rayos gamma y otros espectros como rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de materia oscura.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción entre materia oscura y materia normal mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes regiones de universo.
Astrónomo 77	Rayos gamma en emisiones de núcleos galácticos activos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en núcleos galácticos activos con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la variabilidad de las emisiones en núcleos galácticos activos a lo largo del tiempo y su correlación con otros fenómenos astrofísicos.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de núcleos galácticos activos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de núcleos galácticos activos y su variabilidad.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de núcleos galácticos activos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos de variabilidad a lo largo del tiempo.
Astrónomo 78	Rayos gamma en fuentes compactas y emisiones de alta energía	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en fuentes compactas de alta energía con otros espectros como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de fuentes compactas y su relación con las emisiones de alta energía en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar fuentes compactas de alta energía, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de fuentes compactas y emisiones de alta energía.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fuentes compactas de alta energía mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 79	Rayos gamma en explosiones de rayos gamma (GRBs)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	4	5	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en explosiones de rayos gamma con otros espectros como rayos X y ondas gravitacionales. Falta de herramientas para estudiar en tiempo real la evolución de explosiones de rayos gamma y sus remanentes.	Herramientas avanzadas para estudiar explosiones de rayos gamma, integrando datos de rayos gamma, rayos X y ondas gravitacionales. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de GRBs y su evolución en tiempo real.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar explosiones de rayos gamma (GRBs) mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y ondas gravitacionales para un análisis en tiempo real.
Astrónomo 80	Rayos gamma en cúmulos globulares	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	3	4	2	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos globulares con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos globulares y sus emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar cúmulos globulares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de cúmulos globulares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de cúmulos globulares mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 81	Rayos gamma en emisiones de supernovas y remanentes	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en remanentes de supernovas con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de supernovas y sus remanentes en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar supernovas y remanentes, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de remanentes de supernovas.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de remanentes de supernovas mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 82	Rayos gamma en blazares y núcleos galácticos activos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en blazares con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la variabilidad de los blazares y núcleos galácticos activos en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de blazares y núcleos galácticos activos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de variabilidad de blazares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de blazares y núcleos galácticos activos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos de su variabilidad a lo largo del tiempo.
Astrónomo 83	Rayos gamma en púlsares y estrellas de neutrones	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en púlsares y estrellas de neutrones con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de púlsares y estrellas de neutrones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de púlsares y estrellas de neutrones, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de púlsares.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de púlsares y estrellas de neutrones mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 84	Rayos gamma en explosiones de supernovas	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en explosiones de supernovas con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de supernovas y sus remanentes en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de supernovas y sus remanentes, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de supernovas mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.

																filtros y parámetros en estudios de remanentes de supernovas.		
Astrónomo 85	Rayos gamma en la interacción de vientos estelares masivos	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la interacción de vientos estelares masivos con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar cómo los vientos estelares masivos interactúan con el medio interestelar en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la interacción de vientos estelares masivos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de vientos estelares masivos.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción de vientos estelares masivos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 86	Rayos gamma en la evolución de cúmulos estelares	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos estelares con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos estelares y sus emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar cúmulos estelares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de cúmulos estelares.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de cúmulos estelares mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 87	Rayos gamma en la interacción de materia oscura con la materia normal	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma que podrían estar asociados a la interacción entre materia oscura y materia normal con otros espectros, como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar la evolución de estas interacciones en diferentes regiones del universo.	Herramientas avanzadas para analizar la interacción entre materia oscura y materia normal, integrando datos de rayos gamma y otros espectros como rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de materia oscura.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la interacción entre materia oscura y materia normal mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes regiones del universo.
Astrónomo 88	Rayos gamma en la formación estelar y su relación con las emisiones de alta energía	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en regiones de formación estelar con otros espectros, como rayos X e infrarrojo. Falta de herramientas para estudiar cómo las regiones de formación estelar evolucionan y emiten energía en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de regiones de formación estelar, integrando datos de rayos gamma, rayos X e infrarrojo. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de formación estelar.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de la formación estelar mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 89	Rayos gamma en fuentes compactas de alta energía	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en fuentes compactas de alta energía con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de fuentes compactas de alta energía y sus emisiones en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de fuentes compactas de alta energía, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de fuentes compactas de alta energía.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fuentes compactas de alta energía mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 90	Rayos gamma en la radiación cósmica de fondo	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la radiación cósmica de fondo con otros espectros, como rayos X y microondas. Falta de herramientas para estudiar la evolución de la radiación cósmica de fondo en diferentes épocas y correlacionarla con otros fenómenos del universo temprano.	Herramientas avanzadas para estudiar la radiación cósmica de fondo, integrando datos de rayos gamma, microondas y rayos X. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios del universo temprano y la radiación cósmica de fondo.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la radiación cósmica de fondo mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 91	Rayos gamma en cúmulos globulares	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos globulares con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos globulares y sus emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar cúmulos globulares, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de cúmulos globulares.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de cúmulos globulares mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 92	Rayos gamma en la dinámica de galaxias activas	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en galaxias activas con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de galaxias activas y correlacionar sus emisiones de rayos gamma con otras observaciones astrofísicas.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de galaxias activas, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de dinámica galáctica.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de galaxias activas mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 93	Rayos gamma en supernovas tipo Ia	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en supernovas tipo Ia con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de supernovas tipo Ia y correlacionar sus emisiones de rayos gamma con otros eventos astrofísicos.	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de supernovas tipo Ia, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de supernovas tipo Ia.	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de supernovas tipo Ia mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo del tiempo.
Astrónomo 94	Rayos gamma en púlsares y nebulosas de viento de púlsar (PWNe)	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente			Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en púlsares y PWNe con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de púlsares y sus	Herramientas avanzadas para analizar la evolución de púlsares y PWNe, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de púlsares y nebulosas de viento de púlsar mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.

														nebulosas de viento en diferentes épocas.	filtros y parámetros en estudios de púlsares y PWNe.		
Astrónomo 95	Rayos gamma en cúmulos estelares jóvenes	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en cúmulos estelares jóvenes con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de cúmulos estelares jóvenes y sus emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar cúmulos estelares jóvenes, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de cúmulos estelares jóvenes.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de cúmulos estelares jóvenes mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 96	Rayos gamma en la formación y evolución de agujeros negros supermasivos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	4	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en la evolución de agujeros negros supermasivos con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de agujeros negros en diferentes fases y correlacionar su crecimiento y emisiones con otros fenómenos astrofísicos.	Herramientas avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros supermasivos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de agujeros negros supermasivos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de agujeros negros supermasivos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes fases de su formación y crecimiento.
Astrónomo 97	Rayos gamma en fuentes de rayos cósmicos	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en fuentes de rayos cósmicos con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar cómo las fuentes de rayos cósmicos emiten rayos gamma y evolucionan en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar fuentes de rayos cósmicos, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de fuentes de rayos cósmicos.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar fuentes de rayos cósmicos mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos a lo largo de tiempo.
Astrónomo 98	Rayos gamma en emisiones de estrellas binarias de rayos X	Intermedio (uso ocasional)	Semanalmente	4	3	4	4	3	5	Algo importante	Interacción limitada (rotar, acercar/alejar)	Útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en estrellas binarias de rayos X con otros espectros, como rayos X y luz visible. Falta de herramientas para estudiar la evolución de estrellas binarias de rayos X y sus emisiones de rayos gamma en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar estrellas binarias de rayos X, integrando datos de rayos gamma, rayos X y luz visible. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de evolución de estrellas binarias de rayos X.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de estrellas binarias de rayos X mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 99	Rayos gamma en la aceleración de partículas en remanentes de supernova	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	5	3	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en remanentes de supernova con otros espectros, como rayos X y radio. Falta de herramientas para estudiar la evolución de remanentes de supernova y su relación con la aceleración de partículas en diferentes épocas.	Herramientas avanzadas para analizar la aceleración de partículas en remanentes de supernova, integrando datos de rayos gamma, rayos X y radio. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de remanentes de supernova.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar la evolución de remanentes de supernova y la aceleración de partículas mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y estudios comparativos en diferentes épocas.
Astrónomo 100	Rayos gamma en explosiones de rayos gamma (GRBs) y sus remanentes	Avanzado (uso frecuente en investigaciones)	Diariamente	5	4	5	4	5	5	Muy importante	Interacción avanzada (agregar filtros, personalizar datos)	Muy útil	Sí, definitivamente	Dificultad para correlacionar datos de rayos gamma en explosiones de rayos gamma con otros espectros, como rayos X y ondas gravitacionales. Falta de herramientas para estudiar en tiempo real la evolución de explosiones de rayos gamma y sus remanentes.	Herramientas avanzadas para estudiar explosiones de rayos gamma, integrando datos de rayos gamma, rayos X y ondas gravitacionales. Mayor capacidad para personalizar filtros y parámetros en estudios de GRBs y su evolución en tiempo real.	Ninguna	Incluir herramientas avanzadas para estudiar explosiones de rayos gamma (GRBs) mediante datos de rayos gamma, permitiendo correlación con otros espectros y ondas gravitacionales para un análisis en tiempo real.