

# La Vía Láctea y sus amigas

**Autores:** Amelia Ortiz-Gil<sup>1</sup>, Emilio Terol<sup>1</sup>, Alberto Fernández-Soto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Observatorio Astronómico - Universidad de Valencia

<sup>2</sup>Instituto de Física de Cantabria (IFCA) (CSIC-UNICAN)

## Resumen:

Esta actividad práctica de astronomía utiliza modelos impresos en 3D de la corriente estelar de Sagitario, el Grupo Local de galaxias y galaxias espirales y elípticas genéricas para ayudar a los estudiantes a explorar cómo las galaxias interactúan, evolucionan y forman estructuras en el espacio. Mediante la exploración táctil, la observación guiada y el razonamiento matemático, los estudiantes comprenden la dinámica del entorno de la Vía Láctea y las fuerzas cósmicas que lo configuran. Los modelos 3D utilizados forman parte de la colección del proyecto "[A Touch of the Universe](#)".

**Nivel educativo:** tercer ciclo de Primaria, Secundaria y Bachillerato.

## Materiales:

- Modelo 3D impreso del fichero "Sagittarius Dwarf stellar stream.stl" que representa a la Vía Láctea con la corriente estelar de Sagitario. Incluido en la carpeta [Stellar Stream.zip](#)
- Modelo 3D impreso del fichero "Local Group.stl" que representa al Grupo Local de Galaxias. Incluido en la carpeta [Local Group.zip](#)
- Ficheros "Stellar stream etiquetado ESP.pdf" y "Local Group etiquetado ESP.pdf", que permiten identificar las distintas partes de los modelos.
- Modelo 3D de una galaxia espiral y de una galaxia elíptica. Los ficheros "spiral.stl" y "elliptical.stl" se encuentran en la carpeta [Local Group.zip](#)
- [Ilustración de artista del Grupo Local](#)
- Bolígrafo, papel y calculadora para realizar pequeños cálculos

## Objetivos de aprendizaje:

- Entender la estructura del Grupo Local mediante modelos táctiles.
- Conocer las diversas morfologías de las galaxias.
- Entender el fenómeno de las colisiones galácticas.
- Fomentar la comprensión espacial de nuestra galaxia y su ubicación dentro del Grupo Local.
- Aprender sobre el entorno galáctico de la Vía Láctea.
- Aprender sobre las fuerzas de marea.
- Fomentar la observación y la indagación científica mediante la exploración guiada y el cuestionamiento.
- Desarrollar el razonamiento matemático mediante cálculos.
- Explorar el concepto de materia oscura y sus efectos en las estructuras cósmicas.

# Introducción

## La corriente estelar de la galaxia enana de Sagitario

Las galaxias grandes tienen docenas de galaxias enanas orbitando a su alrededor, llamadas galaxias satélite, porque giran alrededor de una galaxia anfitriona mayor.

Las galaxias satélite se encuentran bajo la influencia de la intensa fuerza gravitacional de la galaxia anfitriona, que en algunos casos provoca su desmembramiento gradual debido a las mareas que induce en ellas: la galaxia anfitriona atrae gas, polvo y, sobre todo, estrellas de las galaxias satélite a medida que giran a su alrededor, formando arcos estelares a lo largo de sus trayectorias en el espacio. Estas fuerzas de marea son del mismo tipo que las que producen mareas en los océanos de la Tierra. Por lo tanto, las corrientes se denominan técnicamente "corrientes estelares de marea".

Una de las galaxias satélite de la Vía Láctea es la Enana de Sagitario, una pequeña galaxia con la apariencia de una bola alargada y unos 10 000 años luz de diámetro, capturada por la nuestra hace unos 4000 o 5000 millones de años. Su órbita alrededor de la Vía Láctea es polar, es decir, se mueve perpendicularmente al disco de nuestra galaxia, pasando por los polos norte y sur galácticos, acercándose hasta unos 50 000 años luz al centro de nuestra galaxia.

Las fuerzas de marea causadas por la Vía Láctea en Sagitario están provocando su desmembramiento gradual. En el cielo podemos ver estructuras en forma de arco que corresponden a las estelas de estrellas que se están desprendiendo de la galaxia enana. Esta corriente estelar no es la única identificada en nuestra galaxia, pero sí la más prominente y mejor estudiada, en particular por el satélite Gaia de la ESA.

Dado que la corriente se encuentra dentro del halo de la Vía Láctea, las estrellas de Sagitario se están integrando gradualmente en él, como resultado de esta colisión entre ambas galaxias.

La galaxia enana de Sagitario, la Vía Láctea y algunas otras galaxias forman parte de un grupo de galaxias llamado Grupo Local.

## El Grupo Local de galaxias

Los grupos de galaxias son reuniones de un máximo de 50 galaxias unidas por la fuerza de la gravedad, confinadas en una región del espacio de unos pocos millones de años luz de diámetro.

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, está unida a otras galaxias cercanas, formando el Grupo Local. Este conjunto de galaxias tiene un diámetro de unos 10 millones de años luz. Forma parte del cúmulo de Virgo, que a su vez se encuentra dentro del supercúmulo de Laniakea, de mayor tamaño.

Andrómeda (también conocida como M31) es la galaxia más grande del Grupo Local. Se estima que tiene un diámetro de 200 000 años luz y alberga un billón ( $10^{12}$ ) de estrellas. La Vía Láctea es la segunda galaxia más grande del Grupo Local, con un diámetro estimado de unos 100 000 años luz. Contiene alrededor de 100 000 millones ( $100 \times 10^9$ ) de estrellas.

## Las galaxias del Grupo Local

Tanto Andrómeda como la Vía Láctea son galaxias espirales. Muy cerca de cada una de ellas se encuentran galaxias enanas esferoidales e irregulares, que son sus satélites. Entre las galaxias satélite de la Vía Láctea, la Gran Nube de Magallanes, la Pequeña Nube de Magallanes y la Enana de Sagitario destacan como las más grandes.

La Vía Láctea y Andrómeda se aproximan a una velocidad radial de unos 110 kilómetros por segundo, por lo que podrían colisionar en unos 7-8 mil millones de años. La incertidumbre en la velocidad tangencial de Andrómeda y el papel que desempeñan otras galaxias en este proceso, como M33, dificultan enormemente que los astrónomos predigan con certeza esta colisión.

Debido a la gran distancia entre las estrellas, cuando dos galaxias colisionan, no se espera que las estrellas choquen directamente entre sí; simplemente cambiarán de ubicación como consecuencia de la redistribución de la materia en la nueva galaxia recién formada. Las colisiones de galaxias se describen mejor como fusiones: las estrellas, el gas y el polvo de ambas galaxias se mezclan, y el surgimiento de regiones con grandes cantidades de polvo y gas inducirá la formación de nuevas generaciones de estrellas en ellas.

El destino final del Grupo Local podría ser convertirse en una enorme galaxia elíptica única dentro de decenas de miles de millones de años.

Para ilustrar mejor la complejidad de la corriente estelar de Sagitario y el Grupo Local de galaxias, y para hacerlos accesibles también al público con discapacidad visual, utilizaremos dos modelos 3D desarrollados por nuestro grupo como parte de la colección de modelos astronómicos 3D "[A Touch of the Universe](#)".

El modelo 3D de la corriente estelar de Sagitario

### El modelo 3D de la corriente estelar de Sagitario

En este modelo 3D, identificamos fácilmente la Vía Láctea en el centro, con sus característicos brazos espirales alrededor del bulbo o núcleo. Unido al disco se encuentra un bulbo alargado: se trata de la galaxia enana esferoidal de Sagitario, que actualmente se encuentra muy cerca del disco de nuestra galaxia. Forma parte de la colección de modelos 3D del proyecto "[A Touch of the Universe](#)".



Partiendo de Sagitario y perpendicular al disco galáctico, podemos seguir la estructura de la corriente estelar formada por la estela de estrellas que la Vía Láctea ha robado de Sagitario. Los pequeños bulbos representan estrellas, y la red en la que se encuentran puede interpretarse como el gas y el polvo que han arrastrado consigo.

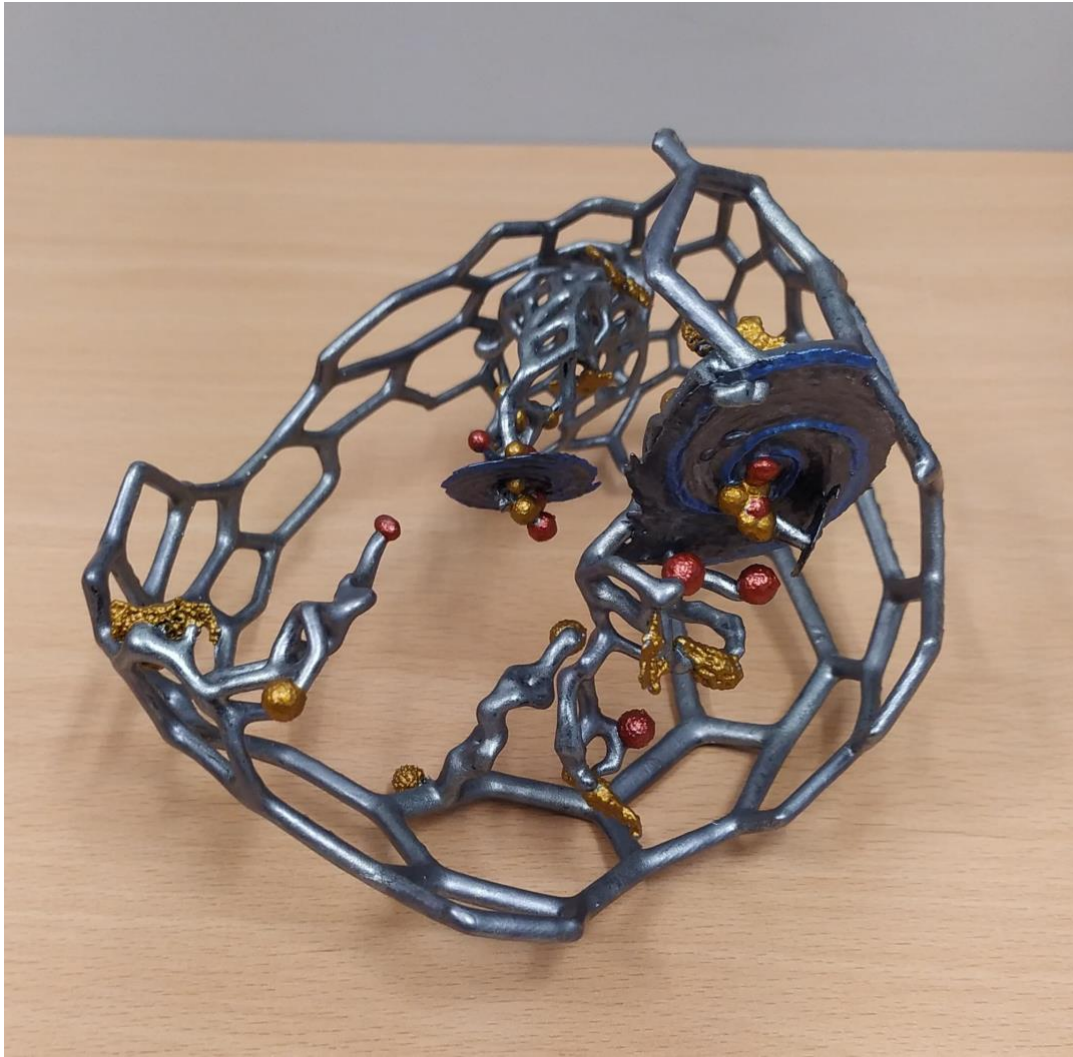
La presencia de bucles en la corriente indica que Sagitario ha completado varias órbitas alrededor de la Vía Láctea, prácticamente siempre en el mismo plano del espacio, pasando por los polos norte y sur de la galaxia, como se espera de las leyes de la física.

En el modelo, se ha exagerado el tamaño del disco de la Vía Láctea para poder vincularlo a la corriente estelar, que en realidad no está ligada al disco de nuestra galaxia.

El modelo ha sido creado por Emilio Terol (OAUV), Alberto Fernández Soto (IFCA) y David Martínez Delgado (CEFA) utilizando datos reales obtenidos por el satélite europeo Gaia, que ha medido la posición de millones de estrellas de la Vía Láctea con gran precisión.

## El modelo 3D del Grupo Local

En este modelo 3D se muestran las galaxias más brillantes del Grupo Local. Sus posiciones relativas son las reales, según los datos astronómicos disponibles. Forma parte de la colección de modelos 3D del proyecto “[A Touch of the Universe](#)”.



Las galaxias están "suspendidas" en la red de materia oscura en la que está inmerso el Grupo Local. Este halo no se muestra en su totalidad: hemos dejado huecos para que se pueda acceder fácilmente a todas las galaxias que contiene.

La forma de cada galaxia refleja su morfología real: espiral, esferoidal o irregular.

La galaxia espiral más grande es Andrómeda. Unida a ella, en una posición casi perpendicular, encontramos otra galaxia espiral: la galaxia del Triángulo, la tercera más grande del Grupo Local.

Por encima y por debajo del disco de Andrómeda encontramos galaxias satélites, representadas por esferas, ya que la mayoría son galaxias enanas de tipo esferoidal. Un poco más lejos también vemos algunas irregulares.

Cerca del centro del modelo, encontramos nuestra Vía Láctea, con forma espiral. A ella se unen sus galaxias enanas satélite y las dos Nubes de Magallanes, que apenas se distinguen de las demás galaxias esferoidales satélite, pero que podemos identificar por sus formas espiral e irregular, y porque sus extremos son afilados al tacto. La espiral es la Gran Nube de Magallanes; la irregular, la Pequeña Nube de Magallanes. La galaxia enana de Sagitario también está muy cerca de nuestra Vía Láctea.

El modelo ha sido creado por Emilio Terol (OAUV) y Alberto Fernández Soto (IFCA) utilizando datos reales sobre las distancias y posiciones de las galaxias del Grupo Local.

# Descripción de la actividad

## Preparación

1. Imprimir los modelos 3D del Grupo Local, de la corriente estelar de Sagitario y de las galaxias genéricas, espiral y elíptica. Los alumnos con los conocimientos adecuados pueden participar en la impresión.
2. Abrir o imprimir los documentos "Local Group etiquetado ESP.pdf" y "Stellar stream etiquetado ESP.pdf" para poder identificar los distintos componentes de los modelos.

## Actividad

### Tercer ciclo de Primaria

3. Pedir a los estudiantes que identifiquen los diferentes elementos del modelo de la corriente de Sagitario y que los describan con sus propias palabras.
4. Preguntar qué creen que podría representar este modelo. Tras un breve intercambio de ideas, el profesor puede guiar a los estudiantes hacia la respuesta correcta dándoles algunas pistas (es nuestra Vía Láctea que tiene una amiga cercana llamada Sagitario que está perdiendo estrellas en su camino alrededor de nuestra galaxia).
5. Introducir el concepto de galaxia satélite. Se puede usar la analogía de la Tierra y la Luna.
6. Los estudiantes identifican los diferentes componentes de la corriente estelar con la ayuda de un mapa en el archivo "Stellar stream etiquetado ESP.pdf".
7. Explicar que la fuerza gravitatoria de la Vía Láctea es tan grande en comparación con la gravedad de Sagitario, que nuestra galaxia le está robando gradualmente todas sus estrellas, gas y polvo, mediante mareas, dejando una gran estela en el espacio a nuestro alrededor. Estas fuerzas de marea son del mismo tipo que las que producen las mareas en los océanos de la Tierra.
8. Sagitario es una galaxia enana que fue capturada por la gravedad de la Vía Láctea hace unos 4700 millones de años. Pedir a los estudiantes que busquen cuál es la edad del Sistema Solar. Luego, explicarles que el Sistema Solar comenzó a existir aproximadamente en la misma época. Por lo tanto, la corriente se ha estado formando desde que el Sistema Solar comenzó a formarse.
9. Entregar el modelo del Grupo Local a los estudiantes. Pedirles que identifiquen las características del modelo y lo describan con sus propias palabras.
10. Preguntar qué creen que podría ser este modelo. Tras un breve intercambio de ideas, el profesor puede guiar a los estudiantes hacia las respuestas correctas dando algunas pistas (esta es una representación de la Vía Láctea junto con sus galaxias más cercanas en el Universo).
11. Reconocer algunas de las galaxias con ayuda del mapa incluido en el archivo "Local Group etiquetado ESP.pdf". En particular, los estudiantes deben identificar la Vía Láctea y sus satélites principales: la Gran Nube de Magallanes, la Pequeña Nube de Magallanes y la Enana de Sagitario; y Andrómeda y su satélite más grande, el Triángulo.

12. Tomar los modelos genéricos 3D de galaxias espiral y elíptica. Pedir a los estudiantes que los describan con sus propias palabras y observen las principales diferencias entre ellos.
13. Comparar las formas de las galaxias. Preguntar: "¿Cuál se parece a la Vía Láctea?" "¿Y cuál se parece a Sagitario?". Se puede continuar preguntando sobre la morfología de las demás galaxias que los estudiantes han podido identificar en el modelo 3D. Las que no son espirales ni elípticas se consideran galaxias "irregulares".
14. Mostrar una [representación artística del Grupo Local](#) y pedir a los estudiantes que la comparen con el modelo 3D, identificando las distintas galaxias.
15. Dato curioso: Andrómeda, la Gran Nube de Magallanes y la Pequeña Nube de Magallanes son lo suficientemente brillantes como para ser vistas a simple vista en el cielo. ¡Son las únicas galaxias que podemos ver sin telescopio!
16. Observar cómo las galaxias se mantienen unidas por la atracción gravitatoria de una misteriosa e invisible materia oscura, representada como una red de filamentos en el modelo 3D del Grupo Local. Comentar con la clase qué es la materia oscura. Se puede encontrar una explicación para niños en [Space Place de la NASA](#).

## Secundaria

17. Seguir todos los pasos anteriores adaptándolos a la edad de los estudiantes, si es necesario.
18. El Grupo Local tiene unos 10 millones de años luz de extensión. Si tuvieras una nave espacial que viaja a la velocidad de la luz (la mayor posible en nuestro Universo), ¿cuánto tardarías en ir de un extremo al otro?

Respuesta: 10 millones de años.

Recaltar que un año luz es una medida de distancia.

19. Si Andrómeda y la Vía Láctea se acercan a una velocidad de 110 kilómetros por segundo, ¿cuánto se habrán acercado en 2 minutos?

Respuesta:  $110 \text{ km/s} \times 2 \times 60 \text{ s} = 13200 \text{ km}$ .

Compara ese resultado con el diámetro de la Tierra (12756 kilómetros). ¡Andrómeda y la Vía Láctea se acercan un poco más de un diámetro terrestre cada 2 minutos!

20. ¿Cómo colisionan las galaxias? Visualizar este [video de la NASA](#) con una simulación de la posible fusión entre Andrómeda y la Vía Láctea.
21. Investigar sobre el astrónomo Fritz Zwicky. ¿Cómo descubrió la presencia de materia oscura en grupos y cúmulos de galaxias?

## Bachillerato

22. Seguir todos los pasos anteriores adaptándolos a la edad de los estudiantes, si es necesario.

23. La galaxia enana de Sagitario completó unas 10 órbitas alrededor de la Vía Láctea y comenzó a interactuar con nuestra galaxia hace unos 4700 millones ( $4700 \times 10^6$ ) de años. ¿Cuánto tarda Sagitario en completar una órbita?

Respuesta:

$$t = 4.7 \times 10^9 / 10 = 4.7 \times 10^8 \text{ años, o 470 millones de años.}$$

24. Si la corriente de Sagitario ha dado 10 vueltas alrededor de la Vía Láctea y cada vuelta es aproximadamente circular con un radio  $R = 50\,000$  años luz (la distancia más pequeña al centro de nuestra galaxia), ¿cuál es la longitud total  $L$  de la corriente? ¿Cuánto tardarías en recorrerla entera?

Respuesta:

La longitud de una órbita es  $L = 2 \times \pi \times R = 2 \times \pi \times 50\,000 = 314\,000$  años luz.

La longitud total de 10 órbitas es  $TL = L \times 10 = 314\,000 \times 10 = 3.14 \times 10^6$  años luz.

¡Se necesitarían poco más de 3 millones de años para recorrer toda la corriente estelar a la velocidad de la luz!

25. Supongamos que Andrómeda y la Vía Láctea se encuentran en una trayectoria de colisión frontal a una velocidad de 110 km/s. Actualmente se hallan a unos 2.5 millones ( $2.5 \times 10^6$  en notación científica) de años luz de distancia. Un año luz (al) equivale a 9.5 billones ( $9.5 \times 10^{12}$ ) de kilómetros. ¿Cuánto tiempo tardarán en colisionar?

Respuesta:

La distancia en kilómetros entre Andrómeda y la Vía Láctea es

$$D = 2.5 \times 10^6 \text{ al} \times 9.5 \times 10^{12} \text{ km/al} = 2.37 \times 10^{19} \text{ km}$$

A una velocidad de 110 km/s, el tiempo esperado para la colisión es:

$$t = D / v = 2.37 \times 10^{19} \text{ km} / 110 \text{ km/s} = 2.15 \times 10^{17} \text{ s}$$

Esto sería en años:

$$ta = 2.15 \times 10^{17} \text{ s} / (3600 \text{ s/h}) = 5.97 \times 10^{13} \text{ h} / 24 \text{ h/d} = 2.49 \times 10^{12} \text{ d} / 365 \text{ d/a} = 6.82 \times 10^9 \text{ a}$$

Este resultado se acerca bastante a la estimación actual de los astrónomos, que creen que ambas galaxias podrían estar juntas formando una sola en al menos  $7\text{--}8 \times 10^9$  años, si es que realmente llegan a chocar.

## Para aprender más

Estas son algunas sugerencias de lecturas para aprender más sobre dinámica de galaxias y sobre el Grupo Local y el Universo Local (en inglés):

- Tidal Streams in the Local Group and Beyond: Observations and Implications  
Editors: Heidi Jo Newberg & Jeffrey L. Carlin  
Publisher: Springer (2016)  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19336-6>
- The Galaxies of the Local Group

Author: Sidney van den Bergh

Publisher: Cambridge University Press (2000)

<https://www.cambridge.org/core/books/galaxies-of-the-local-group/64A446A27F9C4F3539060C516F65ECF2>

- Galactic Dynamics

Authors: James Binney and Scott Tremaine

Publisher: Princeton University Press (2008)

<https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691130279/galactic-dynamics>

- "[No certainty about the predicted Milky Way - Andromeda collision](#)". University of Helsinki press release.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con una ayuda de la convocatoria de Proyectos I+D+i “Pruebas de Concepto” 2022 (PDC2022), financiada por la Unión Europea a través de los Fondos NextGenerationEU, Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Referencia: PDC2022-133930-I00.