

Ciudadanos de Laniakea

Autores: Amelia Ortiz-Gil¹, Emilio Terol¹, Alberto Fernández-Soto²

¹Observatorio Astronómico - Universidad de Valencia

²Instituto de Física de Cantabria (IFCA) (CSIC-UNICAN)

Resumen:

En esta actividad, los alumnos interactúan con un modelo táctil 3D que representa el Universo Local, mostrando supercúmulos de galaxias, filamentos y vacíos. Mediante la exploración manual y cálculos guiados, descubren cómo se distribuyen las galaxias en el espacio, cómo la gravedad moldea el Universo y cómo todo está en movimiento, incluida nuestra propia galaxia.

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

Materiales:

- Modelo 3D impreso del fichero "Laniakea.stl" y/o "Laniakea Braille.stl". Incluidos en la carpeta [Laniakea.zip](#)
- Fichero "Laniakea etiquetado ESP.pdf". Incluido en la carpeta [Laniakea.zip](#)
- Fichero "Braille legend.stl", si se necesita la leyenda en Braille. Incluido en la carpeta [Laniakea.zip](#)
- Bolígrafo, papel y calculadora para realizar pequeños cálculos
- [Imagen del Grupo Local](#) para explicar cómo es un grupo de galaxias
- [Imagen del supercúmulo de Coma](#), para explicar cómo es un supercúmulo de galaxias

Objetivos de aprendizaje:

- Comprender la distribución de la materia en la estructura a gran escala del Universo y el papel de la gravitación y la materia oscura.
- Aprender sobre la jerarquía de los objetos astronómicos: galaxias en grupos y cúmulos, cúmulos agrupados a su vez en supercúmulos.
- Aprender sobre filamentos, vacíos y supercúmulos de galaxias.
- Comprender la idea de la red cósmica.
- Comprender la escala de algunos números grandes en el Universo.
- Calcular distancias y tiempos de viaje utilizando notación científica y datos reales.
- Comprender el año luz como medida de distancia.

Introducción

Una telaraña cósmica

Tras el Big Bang, la materia oscura comenzó a concentrarse por efecto de la gravedad en estructuras filamentosas que también atrajeron materia ordinaria. La creciente acumulación de materia ordinaria en los filamentos condujo a la formación de las primeras galaxias. Dado que en las intersecciones entre varios filamentos la densidad de materia y, por lo tanto, la gravedad, eran mayores que a lo largo de ellos, la formación de galaxias en estos sitios fue más intensa, dando lugar a enormes supercúmulos de galaxias que contienen cientos de cúmulos de galaxias con, a su vez, cientos o miles de galaxias cada uno. Estos

supercúmulos siguieron creciendo, atrayendo también a las galaxias formadas en los entornos menos densos a lo largo de los filamentos.

La compleja red de filamentos de materia oscura, gas y galaxias, con cúmulos y supercúmulos de galaxias en los puntos donde se encuentran varios de estos filamentos, se denomina "red cósmica". La estructura de filamentos rodea grandes regiones llamadas "vacíos", ya que la mayor parte de la materia que inicialmente contenían ha sido atraída hacia los filamentos por la gravedad, dejándolas prácticamente vacías.

Los filamentos están compuestos de gas, materia ordinaria y materia oscura. La materia oscura constituye alrededor del 75 % de toda la materia del Universo, pero aún desconocemos su composición. Algunos posibles candidatos son los agujeros negros primordiales microscópicos o las misteriosas partículas llamadas WIMPS, aún no detectadas. El estudio de estos filamentos, la manera en que se forman las galaxias en su interior y cómo se mueven y se comportan bajo la atracción gravitatoria de la materia oscura ayudará a los astrónomos a descubrir su verdadera naturaleza.

Recientemente, grandes sondeos del cielo han permitido identificar supercúmulos de galaxias y se estima que existen unos 10 millones de ellos en la región del Universo que podemos observar. El Universo observable es una región esférica del espacio que nos rodea, desde la cual la luz ha tenido tiempo suficiente para llegar a la Tierra desde poco después del Big Bang. No podemos observar lo que hay más allá de esa frontera esférica porque la luz de las galaxias y los objetos que se encuentran más lejos no ha tenido tiempo suficiente para llegar hasta nosotros.

Los supercúmulos de galaxias son de las estructuras más grandes del universo y siguen creciendo a medida que se expanden siguiendo la expansión general del universo. Es decir, la distancia entre los cúmulos individuales que los conforman aumenta. Por otro lado, los cúmulos de galaxias no se expanden y mantienen unidas sus galaxias gracias a la fuerza de la gravedad. Nuestro supercúmulo, llamado Laniakea, es una excepción, ya que no parece estar expandiéndose gracias a la poderosa atracción gravitatoria del Gran Atractor.

Todo a nuestro alrededor se mueve, ¡incluso nosotros!

Nuestra galaxia reside en lo que llamamos el Grupo Local de Galaxias, con unos 50 miembros. El Grupo Local está integrado en el cúmulo de galaxias de Virgo, que a su vez forma parte del supercúmulo Laniakea. Se estima que Laniakea comprende unas 100 000 galaxias (incluida nuestra Vía Láctea), agrupadas en entre 300 y 500 cúmulos y grupos de galaxias conocidos. El tamaño de Laniakea es de unos 520 millones de años luz.

Laniakea es una palabra hawaiana que significa "cielo inmenso". "Lani" significa cielo y "Kea" significa inmenso.

En este supercúmulo destaca el Gran Atractor, una región del universo a 150-250 millones de años luz de la Tierra, con una inmensa fuerza gravitacional debido a su enorme masa, equivalente a la de decenas de miles de galaxias. Es el centro gravitacional de Laniakea. La Vía Láctea y otras galaxias que nos rodean son atraídas hacia esta región, de ahí su nombre. ¡Viajamos a la velocidad de 600 km/s hacia el Gran Atractor!

Desconocemos con exactitud qué es el Gran Atractor, ya que se encuentra detrás del centro de nuestra galaxia. La enorme cantidad de polvo y gas en el centro de la Vía Láctea nos impide observarlo. Pero sabemos de su existencia porque podemos medir el movimiento de nuestra galaxia y de otras hacia él.

Además, el Gran Atractor y las galaxias que arrastra hacia sí se desplazan, a su vez, en dirección al supercúmulo de Shapley, situado a 650 millones de años luz de nosotros. Esta estructura contiene más de 8000 galaxias, que albergan estrellas equivalentes a más de 10 billones de soles. Así, todo lo que nos rodea se mueve hacia el supercúmulo de Shapley, ya que es el cúmulo de galaxias más masivo en un radio de mil millones de años luz.

El modelo 3D

Para ilustrar mejor la complejidad de la Red Cósmica y hacerla accesible también al alumnado con discapacidad visual, utilizaremos un modelo 3D desarrollado por nuestro grupo como parte de la colección de modelos astronómicos 3D "[A Touch of the Universe](#)".



En el modelo 3D representamos la región de la red cósmica donde vivimos, lo que incluye Laniakea, el supercúmulo de galaxias en el que se encuentra la Vía Láctea. Nuestra Galaxia estaría en el centro del modelo, pero la escala de este no nos permite representarla. Sin embargo, es posible identificar varios supercúmulos de galaxias, objetos cósmicos que abarcan miles de galaxias, que hemos representado como formas sólidas, lisas e irregulares que parecen habas grandes o patatas pequeñas. En la versión braille del modelo, cada supercúmulo se ha marcado con una letra del alfabeto braille correspondiente a la inicial de su nombre: Pavo-Indo (i), Hércules (h), Shapley (s), el Gran Atractor (g), Lepus (l), el Embudo (Funnel, f), Perseo-Piscis (p), y Coma (c).

Los astrónomos consideran que los supercúmulos del Gran Atractor, Coma y Pavo-Indo también forman parte de Laniakea, al igual que Virgo, donde se encuentra la Vía Láctea. Los supercúmulos pueden colorearse para facilitar su identificación visual.

Los filamentos que conectan dos supercúmulos reciben su nombre a partir del de los propios cúmulos: el filamento Hércules-Shapley se encuentra entre los supercúmulos Hércules y Shapley; el filamento Shapley-Lepus conecta los supercúmulos Shapley y Lepus; y el filamento Perseo-Coma une ambos supercúmulos. Hemos dejado huecos en los filamentos para que el usuario pueda ver y tocar los supercúmulos incrustados en ellos.

La porción de Universo representada en el modelo contiene, aproximadamente, un millón de galaxias. Los datos se obtuvieron a partir de observaciones realizadas en todas las direcciones con telescopios terrestres. Por lo tanto, nuestro planeta se sitúa aproximadamente en el centro del modelo. El Universo observable tiene unas 200 veces el tamaño de este modelo.

Curiosidades numéricas

Laniakea, el supercúmulo de galaxias en el que vivimos, se encuentra a unos 520 millones de años luz. Eso significa que tardaríamos 520 millones de años en viajar de un extremo a otro a la velocidad de la luz en el vacío, ¡la velocidad más rápida en el Universo!

La extensión del modelo completo supera los 1000 millones de años luz. Un año luz equivale a 9.46 billones de kilómetros, o 946 seguidos de 10 ceros. La velocidad máxima alcanzada por una sonda espacial, la Sonda Solar Parker de la NASA, es de 192.22 km/s. Por lo tanto, la Sonda Solar Parker tardaría 1.6 billones de años (o 16 seguidos de 11 ceros) en viajar de un extremo a otro, ¡mucho más que la edad del propio Universo!

El supercúmulo de Shapley contiene estrellas, agujeros negros, polvo y gas que residen en unas 8000 galaxias. Su masa equivale a 50 mil billones de veces la masa de nuestro Sol, o 50×10^{15} en notación científica. ¡Esto es 50 seguido de 15 ceros! Si cuentas un número por segundo, tardarías 1600 millones de años en contar hasta 50×10^{15} .

Descripción de la actividad

Preparación

1. Imprimir el modelo 3D, liso o con marcas en Braille. Imprimir también la leyenda en Braille, si se necesita. Los alumnos con los conocimientos adecuados pueden participar en la impresión.

2. Abrir o imprimir el documento "Laniakea etiquetado ESP.pdf"
3. Los alumnos sin discapacidad visual pueden colorear las "habas", que representan a los supercúmulos de galaxias, como ayuda para identificarlos con mayor facilidad. Se debe de utilizar una paleta de colores que sea apta para personas con daltonismo.

Actividad

Tercer ciclo de Primaria

4. Pedir a los estudiantes que identifiquen los diferentes elementos del modelo y que los describan con sus propias palabras (por ejemplo, estructuras alargadas, grandes agujeros, formas irregulares suaves como habas o patatas diminutas).
5. 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 un mapa del Universo a gran escala...).
6. Explicar que las estructuras largas son filamentos de materia oscura, los grandes agujeros entre ellas se llaman vacíos y las estructuras con forma de habas son supercúmulos de galaxias.
7. Los estudiantes identifican el nombre de varios supercúmulos y filamentos: los que no tienen problemas de visión pueden usar el archivo "Laniakea etiquetado ESP.pdf"; los estudiantes con discapacidad visual pueden usar el modelo impreso "Braille legend.stl".
8. El profesor cuenta una historia: "Vivimos en un gigantesco barrio cósmico llamado Laniakea. Es como un país donde los cúmulos de galaxias son ciudades y los grupos de galaxias son aldeas. Nuestra galaxia, la Vía Láctea, vive en un grupo llamado "Grupo Local".
9. Mostrar una [imagen del Grupo Local](#) para explicar cómo se ve un grupo. Se pide a los estudiantes que lo describan y lo comenten.
10. Mostrar ahora una [ilustración del Supercúmulo de Virgo](#) para explicar cómo es un supercúmulo. En el de Virgo es donde reside el Grupo Local y, por lo tanto, nuestra Vía Láctea. Pedir a los estudiantes que lo describan y lo comenten.
11. Laniakea es una palabra hawaiana que significa "cielo inmenso". "Lani" significa cielo y "kea" significa inmenso. ¿Qué cúmulos residen en la gran estructura conocida como Laniakea? Pedir a los estudiantes que los ubiquen en el modelo. Respuesta: Gran Atractor, Pavo-Indo, Virgo.

Secundaria

12. Seguir todos los pasos anteriores adaptándolos a la edad de los estudiantes, si es necesario.
13. Analizar cómo la gravedad atrae la materia hacia filamentos y cúmulos. Reflexión en grupo: "¿Por qué las galaxias se forman principalmente en las intersecciones de filamentos?".
14. Pedir a los estudiantes que ubiquen nuestro hogar, el cúmulo de Virgo, en el modelo. Luego preguntarles: ¿por qué creéis que Virgo se encuentra en el centro del modelo?

15. Pedir a los estudiantes que ubiquen el Gran Atractor. Preguntar: ¿por qué pensáis que esta estructura tiene ese nombre tan curioso? ¿De qué podría estar hecha?
16. Laniakea se está moviendo hacia el Gran Atractor, y el propio Gran Atractor se está desplazando hacia el supercúmulo de Shapley. Preguntar: ¿Por qué creéis que sucede esto? ¿Qué tira de nosotros?

Bachillerato

17. Seguir todos los pasos anteriores adaptándolos a la edad de los estudiantes, si es necesario.
18. El supercúmulo de Laniakea comprende entre 300 y 500 cúmulos de galaxias conocidos. En el modelo, solo representamos algunos de ellos. El supercúmulo de Laniakea en su conjunto contiene alrededor de 100 000 galaxias y su tamaño es de 520 millones de años luz. ¿Cuánto tardarías en viajar de un extremo a otro a la velocidad de la luz?

Respuesta: 520 millones de años.

Es importante resaltar que el año luz es una medida de distancia, no de tiempo.

19. La extensión del Universo Local representado en el modelo supera los 1000 millones de años luz. Un año luz (al) equivale a 9.46 billones, o 946 seguido de 10 ceros, kilómetros. La velocidad máxima alcanzada por una sonda espacial, la Sonda Solar Parker de la NASA, es de 192.22 km/s. Calcula cuánto tardarías en viajar de un extremo a otro a bordo de la Sonda Solar Parker.

Respuesta:

$192 \text{ km/s} \times 3600 \text{ s/h} \times 24 \text{ h/día} \times 365 \text{ días/año} = 6054912000 \text{ km/año} = 6.1 \times 10^9 \text{ km/año}$ es la velocidad de la Sonda Solar Parker.

$1 \text{ al} = 946 \times 10^{10} \text{ km}$. La extensión del Universo Local en el modelo es, entonces, $946 \times 10^{10} \times 10^9 = 946 \times 10^{19} \text{ km}$.

Por lo tanto, la sonda Parker tendrá que viajar $946 \times 10^{19} \text{ km} / 6.1 \times 10^9 \text{ km/año} = 1.6 \times 10^{12}$ años ¡Eso es más que la edad del propio Universo, que es de 13.8×10^9 años!

20. El supercúmulo de Shapley contiene estrellas, agujeros negros, polvo y gas que se encuentran formando unas 8000 galaxias. Su masa equivale a 50 mil billones de veces la masa de nuestro Sol. ¿Cómo se escribe este número en notación científica?

Respuesta: 50×10^{15} , o 50 seguido de 15 ceros.

21. Si cuentas un número por segundo, ¿cuánto tardarías en contar hasta 50×10^{15} ?

Respuesta:

Hay $60 \times 60 \times 24 \times 365 = 31.5 \times 10^6$ segundos en 1 año.

Por lo tanto, tardarás $50 \times 10^{15} / 31.5 \times 10^6 \text{ s/año} = 1.6 \times 10^9$ años = 1600 x 10⁶ años o 1600 millones de años!

Para aprender más

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

- "Finding Our Place in the Universe" de Hélène Courtois.
Explora como los científicos cartografiaron el supercúmulo de la Vía Láctea, Laniakea. Ed. The MIT Press, 2019. ISBN: 9780262039956 .
- Artículo científico del descubrimiento de Laniakea: "The Cosmic V-Web" de Daniel Pomarède, Yehuda Hoffman, Helene Courtois and R. Brent Tully, The Astrophysical Journal 845 (2017) 55
- Shapley Cluster. Nota de prensa de la ESA (2013): <https://sci.esa.int/web/planck/-/57952-shapley-supercluster>
- "The Shapley Supercluster: the Largest Matter Concentration in the Local Universe" por Dominique Proust et al. (2006). Informe en ESO's Messenger, 124, June 2006. URL: <https://www.eso.org/sci/publications/messenger/archive/no.124-jun06/messenger-no124-30-31.pdf>

Agradecimientos

Este proyecto ha sido posible gracias a la cesión de los datos renderizados en 3D de Laniakea por Daniel Pomarède. 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.