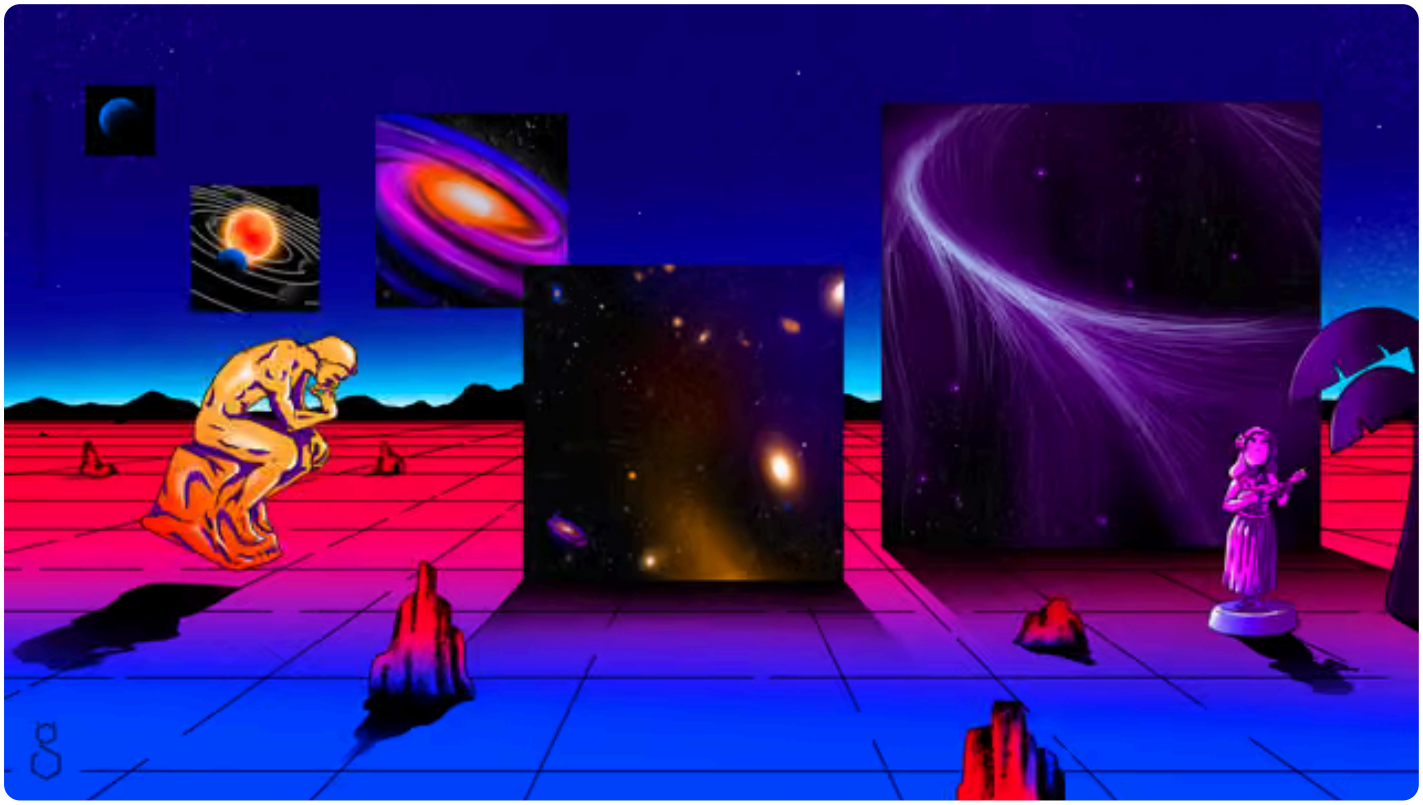


04/04/2019

Un pálido punto azul

TXT VALENTINO BEORDA IMG SOFÍA SALAZAR

¿Cuál es nuestro lugar en el cosmos? ¿Cómo está conformado el Universo y hasta dónde llega?

En la escuela nos enseñan que vivimos en un planeta denominado 'Tierra', que además orbitamos a la estrella 'Sol' y que junto al Sol y otros planetas formamos parte del 'Sistema Solar'. A veces también escuchamos que el Sistema Solar está dentro de una galaxia denominada 'Vía Láctea'. Hasta acá todo bien, una galaxia es un conjunto de millones de estrellas (en algunos casos miles de millones), nubes de gas, planetas, polvo cósmico, materia oscura y energía unidos gravitatoriamente en una estructura más o menos definida. Pero...

¿en qué parte de la Vía Láctea se encuentra el Sol? ¿La Vía Láctea en qué parte del Universo está? ¿Después de la galaxia qué hay?

Para responder esas preguntas, es preciso lanzarse a un viaje. Y todo viaje empieza por casa: Tierra, el planeta en donde vivimos, es el tercer planeta que orbita la estrella Sol (a unos 150 millones de km aproximadamente), entre las órbitas de los planetas Venus y Marte. El Sol, junto a 'sus' 8 planetas y los miles de objetos astronómicos que también lo orbitan (planetas enanos, cometas, asteroides, etc.), forman el denominado Sistema Solar. Un dato interesante es que **la masa del Sol concentra el 99,86% de la masa total del Sistema Solar**. Esto significa, ni más ni menos, que la suma de la masa de todos los objetos astronómicos que orbitan al Sol apenas aportan el 0,14% de la masa total del sistema.

¿Qué sabemos sobre el Sol? Sabemos que se formó hace aproximadamente unos 4.600 millones de años, y que dentro del sistema Morgan-Keenan (MK) de clasificación estelar, el cual clasifica a las estrellas según su temperatura y luminosidad (cantidad total de energía emitida por la estrella por unidad de tiempo), está definido como una estrella G2V, debido a que tiene una temperatura superficial de aproximadamente 5.500 °C y su fuente de energía es la fusión de hidrógeno dando helio como producto (energía que se libera en forma de radiación y que se equilibra con las fuerzas de compresión de la estrella, generando un delicado equilibrio entre ambas y evitando el colapso de la estrella).

Dentro de unos 8.000 millones de años, todo el hidrógeno presente en el núcleo del Sol ya se habrá fusionado en helio, por tanto, el equilibrio se romperá, el núcleo se comprimirá aún más, se calentará y, al propagar este calor hacia afuera, las partes externas del Sol se expandirán al punto de llegar hasta la órbita de la Tierra. En este momento se habrá transformado en una estrella del tipo 'gigante roja'. Tiempo después, expulsará gran parte de su masa en forma de nebulosa planetaria (nube de gas y polvo), y quedará únicamente el núcleo solar transformado en otro tipo de estrella: una enana blanca.



Nebulosa del gato, una nebulosa planetaria que se formó tras la muerte de una estrella de masa similar a la del Sol. El punto luminoso central señala la ubicación del núcleo estelar. Crédito: NASA, ESA, HEIC, and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA).

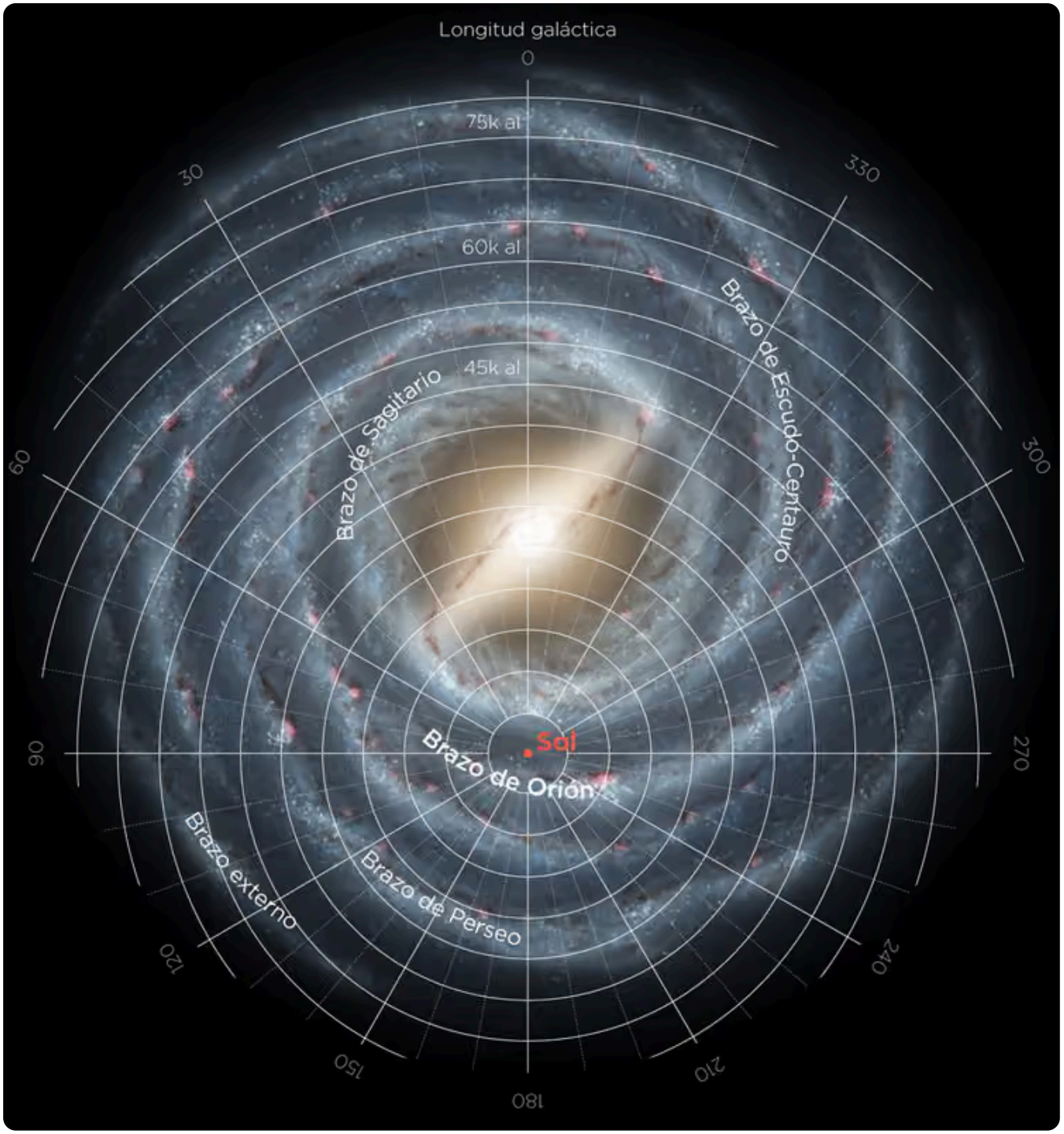
Una vez que dejamos el sistema Solar, podemos empezar a hablar acerca de las galaxias, que como dijimos, son entre otras cosas un conjunto de estrellas (millones de ellas). Las galaxias pueden presentarse en 4 tipos:

- Galaxias elípticas: como su nombre indica, tienen forma… elíptica. Se cree que la mayoría de las galaxias elípticas son el resultado de la colisión y fusión entre galaxias.
- Galaxias espirales: son discos rotantes de estrellas y materia interestelar, con una protuberancia de estrellas 'viejas' en el centro (también denominado bulbo) y estrellas jóvenes en los brazos de la galaxia.

- Galaxias lenticulares: son una transición entre las galaxias espirales y las elípticas, con gran condensación estelar en el centro (como las espirales) y escasa materia interestelar (como las elípticas).
- Galaxias irregulares: Son galaxias sin una forma definida, y son las galaxias más pequeñas, si se le puede llamar pequeño a algo que puede medir miles de años luz (la distancia que recorre la luz en un año, unos 9.460 billones de km, un nueve seguido de doce ceros, probablemente más fáciles y rápidos de tipear que toda esta explicación alfabética).

El Sistema Solar se encuentra en la galaxia Vía Láctea, la cual es de tipo espiral. Al ser espiral, como mencione antes, **se diferencian dos zonas: el bulbo (la zona central), en donde sobreviven las estrellas más antiguas, acompañadas de un agujero negro supermasivo** (sí, agujero negro supermasivo), **y luego los brazos de la galaxia, que están cargados de elementos ligeros y son los lugares perfectos para la formación de nuevas estrellas**. **En esta zona se encuentra el Sol**, pero no está solo: según estimaciones hechas por la ESA (Agencia Espacial Europea), **en nuestra galaxia hay unas 100.000 millones de estrellas**.

Dentro del modelo de galaxia espiral actual, la mejor de las hipótesis nos dice que nos encontramos en el Brazo de Orión, entre el Brazo de Perseo y el Brazo de Sagitario, a unos **26.000 años luz del centro de la Vía Láctea**. Además, actualmente nos estamos moviendo a través de una nebulosa (región constituida por gases) denominada Nube Interestelar Local, a la cual entramos en algún momento hace entre 44.000 y 150.000 años, y en la cual permaneceremos unos 10.000 o 20.000 años más. El brazo de Orión tiene aproximadamente 3.500 años luz de ancho y 10.000 años luz de largo.



La Vía Láctea, con el nombre de algunos de sus brazos. Abrazame hasta que pueda concebir la magnitud de nuestra galaxia.
Crédito: Adaptado de NASA/Adler/U. Chicago/Wesleyan/JPL-Caltech

Bien, llegamos a las galaxias, ¿ahora qué sigue? Se ha encontrado que la mayoría de las galaxias se concentran en grupos. La Vía Láctea se encuentra dentro del Grupo Local, un conjunto de aproximádamente 40 galaxias que, de la misma manera que en el Sistema Solar el Sol 'domina' gravitatoriamente todo el sistema, este grupo está 'dominado' gravitacionalmente por la Vía Láctea, la galaxia Andrómeda, y la galaxia del Triángulo (debido a que son las más masivas al

tener una mayor cantidad de estrellas). El resto, por lo tanto, orbitan a alguna de las tres mencionadas anteriormente y son denominadas ‘galaxias satélites’. Entre ellas se puede destacar a **la ‘Gran Nube de Magallanes’, la tercera galaxia más próxima a la Vía Láctea**, encargada de brindarnos muy buenos espectáculos en un cielo despejado debido a que se puede observar a simple vista en todo el hemisferio sur.



La Vía Láctea vista desde la Tierra.
Crédito: ESO/S. Brunier

Dato galáctico de color: los modelos actuales prevén que dentro de unos 4.500 millones de años, la Vía Láctea y Andrómeda chocarán y se convertirán en una galaxia elíptica mucho más grande a la que lo científicos denominan ‘Lactómeda’. Esperamos repiensen el nombre para ese entonces.

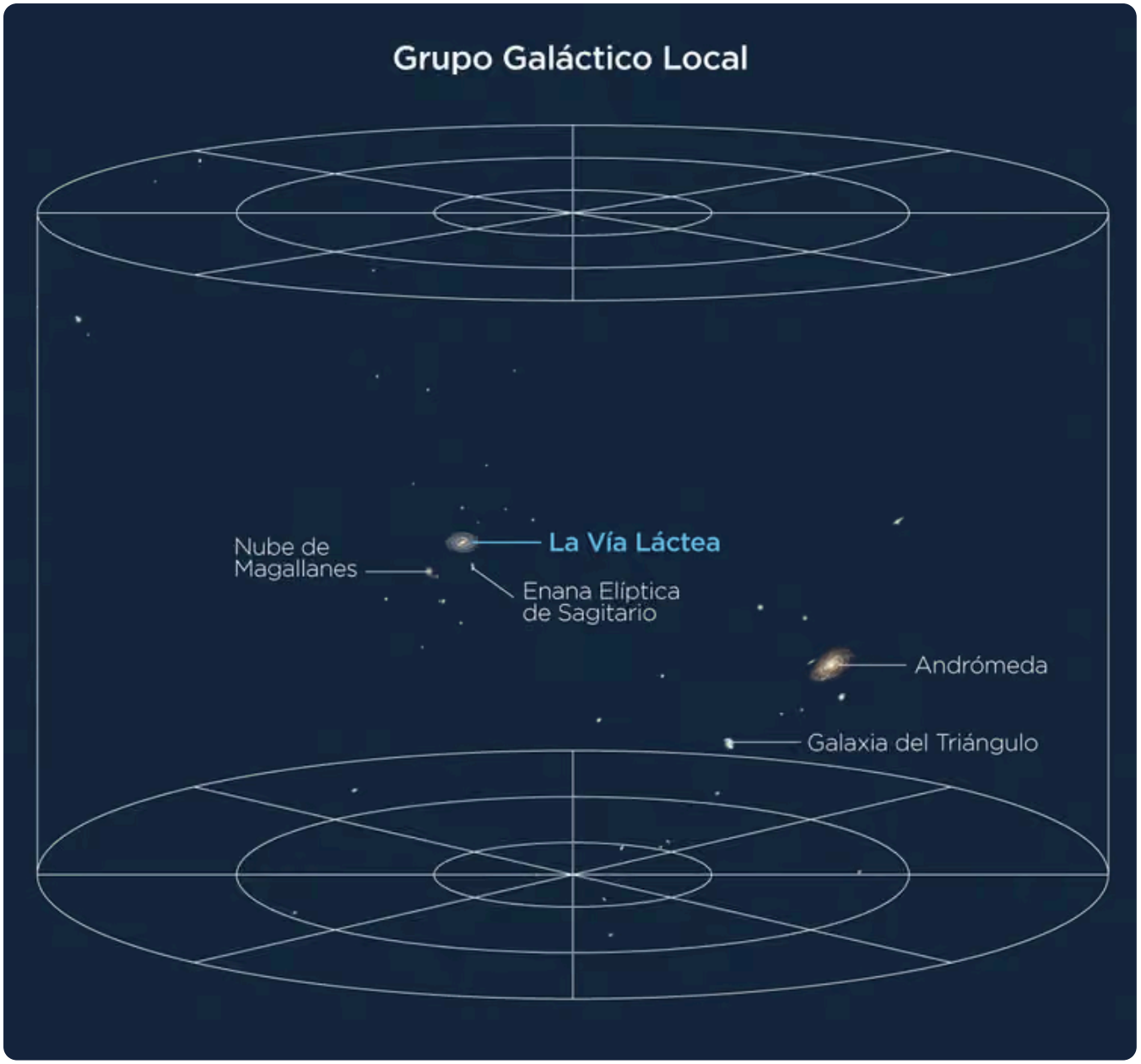


Diagrama del Grupo Local, en el que se puede observar la supuesta posición de nuestra galaxia y la de las demás galaxias que componen este grupo. Los puntos sin rótulo representan galaxias satélite.
Crédito: Adaptación de imagen original por Andrew Z. Colvin

Dijimos que **las galaxias se agrupan en grupos** (la redundancia tiene un punto, prometo), pero **a su vez estos grupos se agrupan en 'cúmulos'** (tampoco era un gran punto). El Grupo Local está dentro del Cúmulo de Virgo, en el cual hay unas 1300 galaxias, incluyendo la nuestra.

Al ser observados, los cúmulos aparecen como colecciones de galaxias autosostenidos por la atracción gravitatoria. Sin embargo, sus velocidades son demasiado grandes para que sigan gravitacionalmente limitadas por sus fuerzas de atracción mutuas (en otras palabras, el campo

gravitatorio generado únicamente por la masa de las galaxias es muy débil para mantener todo el sistema unido). Esto implicaría la presencia adicional de otro componente que, como el huevo en un relleno de tarta, mantenga todo el asunto unido. Por ahora y para algunos, la mejor candidata es la materia oscura. De hecho, **se calcula que en un cúmulo típico, aproximadamente sólo el 5% de la masa total se encuentra en forma de galaxias, un 10% en forma de gas intracumular y el 85% restante es materia oscura** (aunque aún queda por confirmarse).

Pero esto no se termina acá. A su vez, los cúmulos de galaxias se agrupan en lo que se denomina, sin creativos publicitarios mediante, **'supercúmulos de galaxias', que se encuentran entre las estructuras más grandes del Universo**. Nosotros estamos en el Supercúmulo de Virgo, el cual se descubrió recientemente que forma parte de un un supercúmulo aún más grande: el de **Laniakea**, junto a otras cien mil galaxias, cada una formada por millones de estrellas. Si tan solo el 0.001% de esas estrellas tuviera un planeta habitable, estaríamos hablando de miles de lugares donde la vida como la conocemos podría existir (#AliensAlert).

Los supercúmulos, al igual que los cúmulos, están unidos gravitacionalmente y, en el caso del supercúmulo de Laniakea, todas sus galaxias (incluida la nuestra) se dirigen a un lugar denominado 'El Gran Atractor': esto significa que en algún momento todo el supercúmulo se fusionará.

Fuimos, entonces, de

Tierra a
Sistema Solar a
Nube Interestelar Local a
Brazo de Orión a
Vía Láctea a
Grupo Local a
Cúmulo de Virgo a

Supercúmulo de Virgo a
Supercúmulo de Laniakea

¿Y ahora?

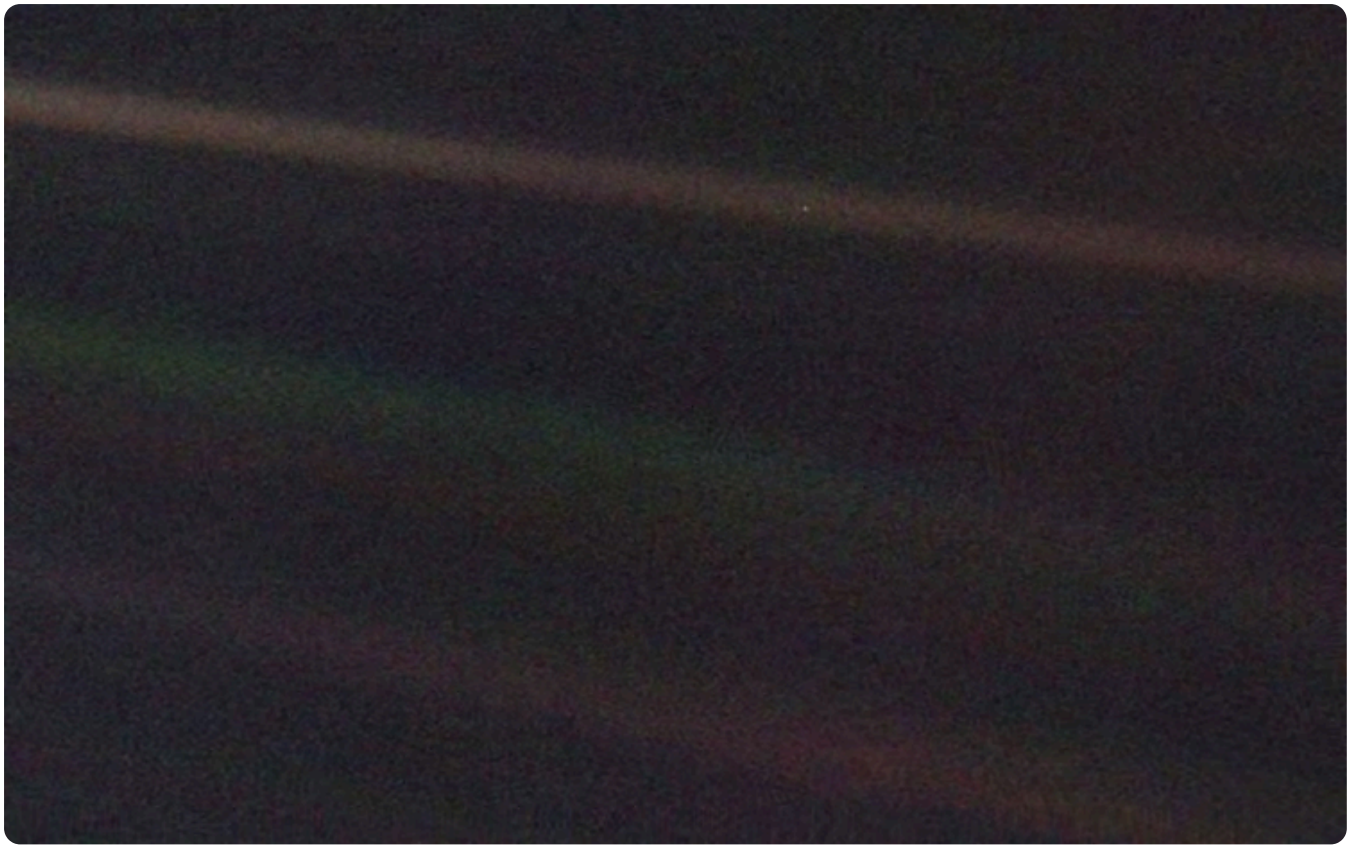
A esta altura podríamos pensar que la tarea es interminable, que siempre encontraremos una estructura mayor en donde estemos posicionados, le pondremos un nombre, y ampliaremos nuestra ubicación, pero no es así. **Una vez que llegamos a los supercúmulos, estos forman una especie de red, una red cósmica, en donde el Universo parece igual miremos a donde miremos**. En palabras más técnicas, a esta escala el Universo es **homogéneo e isótropo**. Esto significa que si dos observadores se posicionaran en puntos distantes, ambos 'verían' (o medirían mejor dicho, porque los instrumentos astronómicos miden variables, no ven) literalmente lo mismo. Estas dos propiedades imposibilitan seguir diferenciando estadísticamente una parte del universo de otra, lo cual impide seguir 'nombrando' más lugares. Todo esto se conoce como **Principio Cosmológico**.

Resultados de una simulación que muestra la distribución a gran escala de la materia. Se pueden observar regiones densas formadas por cúmulos y supercúmulos de galaxias y los filamentos que unen a estas regiones. A medida que la simulación hace zoom en un cúmulo de galaxias inespecífico, se hacen más evidentes las inhomogeneidades de menor escala. Un parsec (pc) es una medida astronómica de distancia que (mal y pronto) depende de cuestiones geométricas entre la La Tierra y el Sol. A fines prácticos y comparativos, 1 pc = 3,2 años luz; a su vez, Mpc (megaparsec) y Gpc (gigaparsec) son múltiplos del parsec y equivalen a 3,2

millones y 3,2 mil millones de años luz respectivamente.
Crédito: Springel et al. (2005)

Dicho de otro modo, **la homogeneidad e isotropía del universo implican que, en las escalas más grandes, el universo tiene un aspecto uniforme y con la materia equitativamente distribuida. O sea, es igual por donde se lo mire**. Pero, si esto fuese estrictamente cierto, no existirían todas las concentraciones de materia nombradas anteriormente, ya que no habría más que una nube de gas perfectamente homogénea. Con esto, es válido por lo tanto preguntarnos **¿qué pasó en el origen del Universo para que dentro de la uniformidad del cosmos aparecieran las diminutas heterogeneidades en las que vivimos?** Es decir, ¿cómo es posible que a gran escala estemos en un Universo homogéneo pero a 'pequeña' escala nos encontremos en una situación prácticamente opuesta?

Por el momento, las preguntas planteadas en el párrafo anterior aún no tienen una respuesta definida, pero **la hipótesis de 'inflación cósmica'** es la que más cerca está de responderlas. Esta hipótesis, sin entrar en muchos detalles, plantea que antes de la era inflacionaria (*big bang*), lo que había era un campo denominado 'inflatón' que, debido a su naturaleza cuántica, experimentaba fluctuaciones (cambios temporales en la cantidad de energía en un punto del espacio). Estas fluctuaciones produjeron pequeñísimas deformaciones en el espacio-tiempo que, cuando el Universo se expandió, dejaron de ser tan pequeñas y se transformaron en las sutiles concentraciones gravitacionales que permitieron a la estructura del cosmos comenzar a formarse. Debido a que las perturbaciones producto de fluctuaciones eran similares, la estructura de todo el Universo tiene propiedades parecidas. Este fenómeno cuántico sería la causa de la homogeneidad a gran escala del Universo y, al mismo tiempo, la causa de su inhomogeneidad en pequeña escala. Una vez más, la física cuántica jugando a dos puntas.



‘The Pale Blue Dot’, imagen tomada por la Sonda Espacial ‘Voyager 1’, a una distancia de 6.000 millones de kilómetros, en la cual se puede ver a la Tierra como un pequeño punto en el espacio (las líneas de colores son rayos de luz solar reflejados por la cámara).
Crédito: NASA/JPL-Caltech

Laniakea en hawaiano significa ‘cielos inconmensurables’, un nombre apropiado para la vasta comunidad de galaxias de la que somos parte. Cerca de los bordes de este supercúmulo está nuestra galaxia, en ella nuestra estrella, y orbitándola se encuentra un pequeño punto azul, nuestro hogar. Cuando los astronautas observan con sus propios ojos la Tierra desde el espacio, la mayoría experimenta el ‘efecto perspectiva’, que ocasiona un cambio en su forma de pensar que los hace reflexionar acerca de la verdadera realidad de nuestro planeta en el espacio: una débil y frágil bola de vida flotando en el vacío. Aunque así, toda débil, frágil e insignificante frente a la magnitud del cosmos, igual le tenemos mucho cariño ya que alberga a todas las fascinantes formas de vida que conocemos hasta ahora, incluyendo a una especie incansablemente curiosa que no para de preguntarse y asombrarse por la magnitud y naturaleza de ese inconmensurable Universo.