

Etchenique, Roberto Argentino (diciembre 2005). *Midiendo el universo con un palo. De Eratóstenes a la actualidad (III) : La grandeza del Universo*. En: Encrucijadas, no. 35. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires: <http://repositorioubas.sisbi.uba.ar>

MIDIENDO EL UNIVERSO CON UN PALO. DE ERATÓSTENES A LA ACTUALIDAD (III)

La grandeza del Universo

Allá por el año 240 a.C., Eratóstenes supo que había un día en el año en que las cosas no daban sombra en la ciudad de Syene (Egipto). Mandó un emisario a esa ciudad mientras él se quedó en Alejandría, y ambos midieron al mismo tiempo la longitud de la sombra que daba un palo. Mediante esa simple medición, y aplicando trigonometría, Eratóstenes calculó qué diámetro debía tener la Tierra, sabiendo la distancia exacta entre Alejandría y Syene. Eratóstenes concluyó que la Tierra era una esfera de 40.000 km de circunferencia (en unidades actuales) y, por lo tanto, unos 12.000 km de diámetro. Hoy las mediciones más delicadas dan 40.067 km para el perímetro de nuestro planeta en el ecuador.

A partir de esa medición, Aristarco de Samos calculó el diámetro y la distancia a la Luna, obteniendo valores similares a los que se conocen hoy. Estas mediciones fueron la base de nuestro conocimiento actual sobre las dimensiones de los planetas y el sistema solar. Luego, en la segunda nota, mostramos cómo una vez conocidas las distancias dentro del sistema solar se empezaron a conocer las dimensiones interestelares, usando el método del paralaje o el del estudio de ciertas estrellas, llamadas "Cefeidas". En esta tercera y última parte, veremos cómo se comenzó a conocer, durante el siglo XX, que la nuestra era solamente una galaxia entre tantas, en la vastísima grandeza del Universo. Conocer cuán pequeños somos es tal vez parte de la historia del conocimiento humano, historia que comenzó en el antiguo mundo griego, midiendo la sombra de un palo.

ROBERTO ARGENTINO ETCHENIQUE

Licenciado en Ciencias Químicas, FCEN-UBA.

Doctor de la Universidad de Buenos Aires.

Profesor Adjunto Regular, DQIAyQF, FCEN, UBA.

Otras galaxias

Por los años 20, parecía que ya la astronomía estaba, de algún modo, llegando a su fin. Habíamos medido las distancias a las estrellas más lejanas, y hasta en las Nubes de Magallanes, que eran como dos islas llenas de estrellas en nuestra relativa cercanía de 140.000 años luz.

Más allá no parecía haber nada, o casi nada, que no es lo mismo, pero es igual. Solamente algunos puntos quedaban algo flojos. En un sector del cielo, se conocía desde los tiempos más antiguos una especie de estrella neblinosa, una manchita de bordes difusos, poco brillo y poco interesante. Cuando se hizo el primer catálogo de objetos que no parecían estrellas, el astrónomo Messier, en 1612, la llamó "nebulosa M31".

De estas nebulosas, y de otras similares, se pensaba que eran acumulaciones de gas y polvo, como las que dan origen a las estrellas. Tal vez eran inclusive estrellas en formación. En este caso, la nebulosa M31 no era todavía una estrella bien formada, sino una en formación, de ahí sus bordes difusos y su poco brillo. En este caso, estaría a alguna distancia comparable a las demás estrellas.

Pero había otras opiniones. Sin mucho fundamento científico, el filósofo Kant opinaba que esas nubecitas eran en realidad otros universos. Universos-islas, llenos de estrellas, sólo

que a distancias tan enormes que estas estrellas no se podían ver individualmente, y sólo se percibía una mancha de luz. Nuestra propia galaxia, pensaba Kant, es sólo uno más de los millones de Universos-Islas que deben de existir. La cuestión se dirimió cuando Edwin Hubble, un astrónomo norteamericano, apuntó el telescopio más grande recién construido en 1917 a la nebulosa M31, y vio que los bordes de la nebulosa estaban hechos de estrellas. No era una simple nube de polvo y gas, sino una galaxia llena de estrellas. Pero esas estrellas apenas se veían, así que esa galaxia debía estar mucho más lejos de lo imaginado. En 1923, el mismo Hubble vio que una de las estrellas que había visto por el telescopio variaba en forma igual a la que lo hacen las variables cefeidas. Era efectivamente una cefeida. Con esa estrella situada en M31, podía calcular la distancia a la nebulosa.

Una vez estudiada durante varios días, del período de su parpadeo pudo conocer su luminosidad real, y comparando con lo tenue que se veía desde la Tierra, y efectuando los cálculos, estimó que M31 estaba a un millón de años luz de nosotros. Se había descubierto otra galaxia y Kant y sus elucubraciones habían tenido razón. Nuestra Vía Láctea no era la única galaxia, y si había dos, podría haber millones...

Esta galaxia, M31, vista desde la Tierra está en la constelación de Andrómeda, por lo que se la conoce normalmente como "Nebulosa de Andrómeda", y es la galaxia más cercana a la nuestra. Su distancia real es aún más grande que aquella primera estimación de Hubble. Está a dos millones de años luz, medio millón de veces más lejos que la estrella más cercana.

Y fue medida con la escala de cefeidas, que se corroboró con medidas de paralaje estelar, que se midió por medio del tamaño de la órbita terrestre, que se determinó mediante paralaje planetario, y este último con la medida del diámetro terrestre, que Eratóstenes pudo conocer... usando un palo.

Miles de galaxias

Luego de Andrómeda, la búsqueda de galaxias fue el pasatiempo más popular de los astrónomos. Aparecieron de a miles. Para galaxias alejadas, ya no era posible encontrar cefeidas entre la bruma luminosa, de modo que medir las distancias era una cosa muy difícil. Por suerte, las galaxias más cercanas sí mostraban cefeidas y podían entonces calibrarse otros métodos. Uno de los métodos más utilizados fue el de las estrellas supergigantes.

Estrellas hay de todos los tamaños, el sol es una estrella más bien pequeña, pero hay estrellas tan grandes como todo nuestro sistema solar, y más grandes aún. Y las hay de todos colores, de rojizas y frías a estrellas ultracalientes de color azul violáceo. Entre estas variedades, existen estrellas con un brillo enorme, de las que hay pocas por galaxia, y que se llaman "supergigantes". Una estrella de este tipo es S Doradus, 600.000 veces más brillante que el sol, que se encuentra en la Nube Mayor de Magallanes.

La brillantez de aquellas que están en galaxias más cercanas pudieron medirse aprovechando que se veían también cefeidas en estas galaxias, y resultó que todas las supergigantes tienen una luminosidad similar. De esta forma, las supergigantes son como faros en el universo. En las galaxias lejanas, sólo unas pocas estrellas se pueden distinguir individualmente, y éstas son supergigantes. Como sabemos su luminosidad, podemos estimar la distancia de la galaxia en la que están, comparando su luz real, con el

tenue brillo que nos llega a nosotros.

Así se han medido miles de distancias de galaxias lejanas, utilizando la luz de las estrellas supergigantes, que se conoce midiendo por la escala Cefeida, que se corrobora con medidas de paralaje estelar, que se mide conociendo el diámetro de la órbita de la Tierra, que se determinó midiendo el paralaje planetario, para lo cual se utilizó como dato el diámetro de nuestro planeta, que fue medido por primera vez hace más de 2200 años por medio de un palo.

El Universo se escapa

Cuando se vieron estrellas en la nebulosa de Andrómeda M31, se supo definitivamente que se trataba de otra galaxia. Y del período de sus estrellas cefeidas se vio que estaba a dos millones de años luz de nosotros. Por el efecto Doppler, se pudo también conocer la velocidad de esta galaxia respecto de nosotros, y resultó que se acercaba a una velocidad de unos 200 km por segundo. Esta velocidad parece muy grande, aunque en términos cósmicos es más bien poco. A 200 km por segundo, Andrómeda tardaría 2500 millones de años en llegar a la Tierra. Además, esa velocidad no es atribuible a un simple acercamiento, ya que nuestro sol, y todo nuestro sistema solar, se mueve orbitando alrededor de la Vía Láctea, y en estos tiempos ese giro hace que nos acerquemos a Andrómeda a unos 150 km/s. Si restamos esta velocidad de nuestro propio sistema, nos queda un acercamiento genuino de sólo 50 km por segundo. Esto significa que el acercamiento actual inclusive se transformará en alejamiento cuando nosotros empecemos a girar del otro lado de la órbita galáctica, aunque para que eso pase faltan todavía millones de años.

Pero luego, las cosas empezaron a ponerse más interesantes, ya que uno esperaba que si empieza a medir la velocidad de muchas galaxias, más o menos la mitad estén acercándose y la otra mitad alejándose. Sin embargo, de las 15 primeras galaxias a las que se les midió su velocidad, resulta que sólo dos se acercaban, y 13 se estaban alejando. Podía ser una coincidencia, pero cuando pasó el tiempo y se midieron más y más velocidades de galaxias, se hizo evidente que prácticamente todas se alejaban de nosotros.

Pero esto no era todo. Cuanto más débil, y por lo tanto probablemente más alejada, era una galaxia, más rápido parecía escapar de nosotros. En 1928 se midió una velocidad de escape de 3800 km por segundo, y en 1936 ya se conocían galaxias que se alejaban a 40.000 km por segundo.

En 1929, Hubble hizo un extenso estudio de las velocidades y distancias a las galaxias (que midió por varios métodos, no solamente por el de cefeidas y estrellas supergigantes) y encontró que, en líneas generales, la velocidad de alejamiento de las galaxias era directamente proporcional a su distancia. O sea, si una galaxia estaba tres veces más alejada que otra, su velocidad de alejamiento era también tres veces mayor. Estrictamente hablando, no es que todas las galaxias se alejan “de nosotros”, sino que todas se alejan entre sí, como los puntos dibujados en la superficie de un globo que se infla. No importa desde qué punto miremos, todos los otros puntos parecen alejarse de nuestro punto al inflarse.

Hubble llegó a la conclusión de que hace miles de millones de años, todas las galaxias estaban muchísimo más cerca entre sí, y si vamos más atrás aún en el tiempo,

llegaremos a un momento en el cual toda la materia y energía del universo estaba concentrada en un punto muy pequeño. Y así nació el modelo o teoría del “big bang”, que es la más aceptada en nuestros días para explicar el origen del Universo.

La estructura del Universo

Una vez que se calibró el efecto Doppler de las galaxias, fue mucho más fácil volver a recalcular la distancia a ellas, aun de las que estaban tan lejos que ni una sola estrella podía distinguirse de la masa brumosa de luz. Simplemente viendo en el espectro luminoso de cada galaxia el corrimiento de las líneas espectrales, este efecto Doppler permitía conocer la distancia multiplicando por un simple número llamado la “Constante de Hubble”. Esta constante es igual a 50.000 años luz por cada km/s de velocidad de alejamiento. Así, para una galaxia con un efecto Doppler de 3600 km/s, le corresponden $50.000 \times 3600 = 180$ millones de años luz.

Si uno no tiene en cuenta las distancias, todo lo que se ve en el cielo es chato como una fotografía, no se puede ver la profundidad. Una vez que uno puede conocer la distancia a las galaxias, se pueden hacer mapas tridimensionales del Universo entero. En estos mapas, lo que desde la Tierra parece sólo un caos de galaxias, empieza a mostrar una estructura extraña. Las galaxias en el Universo parecen estar ubicadas en una especie de red abierta, como de filamentos llenos de galaxias, separados por grandes espacios vacíos. Mientras tanto, los astrónomos siguen haciéndose nuevas preguntas sobre nuestro Universo, y buscando respuestas en las noches estrelladas.

Y así llegamos al final de nuestra historia. La historia de haber medido la distancia hasta los confines del Universo, usando la Constante de Hubble, calibrada mediante el brillo de las estrellas supergigantes, que se determinó mediante el período de las estrellas cefeidas, que se corroboró con el paralaje estelar de cientos de estrellas, que se midió conociendo el diámetro de la órbita terrestre, del que se supieron sus dimensiones con el paralaje planetario, gracias a que conocíamos el diámetro de la Tierra, medido por primera vez allá por el año 250 antes de Cristo, por Eratóstenes, usando un palo.