

LAS DIMENSIONES DE NUESTRO UNIVERSO

POR EL INGENIERO JOAQUIN GALLO

AL leer recientemente los resultados de las medidas de paralajes estelares, me sorprendieron las cifras que representan las distancias que nos separan de algunos enjambres o nebulosas que vemos con facilidad a través de nuestros modestos telescopios; lo que al pronto llamó mi atención fue el ver que las distancias de algunos astros resultan aumentadas a medida que el instrumento empleado es mayor. Hace algún tiempo se valuaba la distancia de la nebulosa Andrómeda en 850,000 años luz; hace unos 7 años se dijo que era de 930,000 y hace poco más de dos años se dio otro resultado que incrementa la distancia en un 50%, pues el valor de ésta se hace subir a 1.400,000 años luz. Estas determinaciones han sido hechas con instrumentos cada vez más poderosos; parece entonces que, al aumentar el poder de un anteojo, se obtienen distancias mayores para los astros cuyo paralaje se había determinado antes con instrumentos más pequeños, y a la vez se profundiza, como es natural, a mayores distancias.

Así tiene que ser. El valor de una distancia medida indirectamente, depende de la precisión del instrumento empleado y del método que se siga. Por ejemplo: si se tratase de determinar la distancia a un punto, valiéndose de fotografías logradas con una cámara estereoscópica, es indudable que se tendrá una distancia límite que depende de la separación de los objetivos; los cuerpos más alejados del experimentador que ese límite, aparecerán como si estuviesen todos a esa misma distancia; digamos, para aclarar lo anterior, que esa distancia límite fuese 2 km.; un objeto situado a 4 km. nos parecerá en la placa que está a la distancia de dos, nunca a una mayor; si se aumentase la base, se tendría una nueva distancia límite que sería mayor que la primera, y como conclusión tendremos que, a medida que sea mayor la separación de los objetivos, se irán determinando distancias mayores y más próximas a la verdadera. Cosa análoga sucede en la determinación de paralajes estelares, porque la base elegida va siendo mayor y porque los instrumentos modernos son muy superiores en dimensiones a los empleados hace unos veinte

años. Esto ha traído por consecuencia que se asignen dimensiones cada vez más grandes a nuestro Universo.

Cuando Copérnico dio a conocer su sistema, se le hizo la objeción de que si la Tierra girase alrededor del Sol, se debían ver pequeñas elipses descritas por las estrellas, y sabido es que por la falta de precisión de los instrumentos de aquella época, no se veían dichas elipses, dando esto lugar a que algunos astrónomos y filósofos dudaran de la teoría de Copérnico. La dificultad desapareció cuando se dijo que las estrellas estaban a distancias infinitas. Más tarde, Flamsteed, Picard, Cassini y Halley trataron de comprobar el movimiento aparente de las estrellas, sin conseguirlo por la falta de precisión de los instrumentos, a pesar de que pudieron dar a Halley indicios del movimiento propio de Sirio. Pero cuando, con el transcurso del tiempo, se construyeron instrumentos como el heliómetro, se pudo determinar la primera paralaje de una estrella, la 61 del Cisne, gracias a la habilidad y talento de Bessel. La determinación de las paralajes estelares se hizo lentamente en esa época, sensiblemente a razón de una por año; cincuenta años después se conocían los valores de las paralajes de 50 estrellas. Hoy, en los grandes observatorios, figura en su programa esta medida de paralajes.

Los resultados obtenidos de esas determinaciones, tanto estelares como de nebulosas, hechas con instrumentos poderosos, muestran que nuestro Universo afecta sensiblemente la forma de un elipsoide de revolución alrededor del eje menor, cuyas dimensiones eran, según Kapteyn, de 2,400 parsecs (7,900) años luz, y el radio de la circunferencia en el plano de la Galaxi, 9,000 parsecs.

Los estudios de las nebulosas mostraron que las amorfas y planetarias se encuentran más cercanas de nosotros que las estrellas de la Vía Láctea; otro tanto se encontró para los enjambres abiertos. No así para los globulares, cuya distancia es mucho mayor que la del límite de nuestro Universo, y también para las nebulosas en espiral, que han resultado ser, como se sabe, otros universos distintos e independientes del nuestro.

Como se ha dicho antes, a medida que se han ido empleando instrumentos y bases mayores y aun otros métodos, además del trigonométrico, se han ido obteniendo distancias más grandes para nuestro Universo; no bastaron las dimensiones anteriores y se asignaron 100,000 y 10,000 años luz para semi-ejes mayor y menor, respectivamente, del Universo, y aun ahora, si se considera que los enjambres llamados Nubes de Magallanes se encuentran en el límite exterior de la Vía Láctea, habría que duplicar las dimensiones aceptadas, ya que la distancia de esas nubes no es menor de 100,000 años luz. No hay por qué dudar de que las nebulosas espirales formen otros universos completamente alejados del nuestro; la nebulosa 4,594 del

Catálogo de Dreyer, que brilla en la constelación de la Virgen como una lenteja alargada, cruzada por la característica banda oscura, dista de nosotros 53 millones de años luz.

Todas estas nebulosas muestran velocidades radiales excesivamente grandes; la de Andrómeda, por ejemplo, tiene una velocidad radial de 300 km. seg. y otras nebulosas extragalácticas presentan velocidades de 1,800 km. seg., muy diferentes a las velocidades radiales de las estrellas y de las nebulosas amorfas y planetarias. La comparación de estas velocidades muestra que a medida que la distancia es mayor, aumenta la velocidad radial de alejamiento, y esto ha proporcionado un medio para tener idea de las paralajes, pero al mismo tiempo hace dudar de la exactitud de los resultados. Si por alguna causa, las rayas espectrales sufriesen una desviación hacia el rojo, nosotros estimaremos una falsa velocidad radial y, por tanto, una paralaje errónea.

Para juzgar de la relación que pueda existir entre la distancia de un astro y su velocidad radial observada, es conveniente presentar los resultados obtenidos en los grandes observatorios para algunas de las 24 nebulosas extragalácticas, cuyas distancias se han determinado con precisión.

En el siguiente cuadro, d es la distancia en millones de parsecs y v la velocidad radial en km. por segundo.

| Objeto | d | v | Objeto | d | v |
|--------|------|----------|--------|-----|----------|
| 5457 | 0.45 | +200 (1) | 1068 | 1.0 | +920 (3) |
| 4736 | 0.5 | 290 (1) | 5055 | 1.1 | 450 (2) |
| 5194 | 0.5 | 270 (1) | 7335 | 1.1 | 500 (2) |
| 4449 | 0.63 | 200 (1) | 4258 | 1.4 | 500 (2) |
| 4241 | 0.8 | 300 (1) | 4151 | 1.7 | 960 (3) |
| 3627 | 0.9 | 650 (2) | 4382 | 2.0 | 500 (2) |
| 4826 | 0.9 | 150 | 4472 | 2.0 | 850 (3) |
| 5236 | 0.9 | 500 (2) | 4486 | 2.0 | 800 (3) |
| | | | 4649 | 2.0 | 1090 (3) |

| | | |
|-------------------------------|-------------|------------|
| Gran Nube Magallánica..... | $d = 0.034$ | $v = +290$ |
| Pequeña Nube Magallánica..... | 0.032 | $+170$ |

Con los resultados de la tabla anterior y eligiendo datos concordantes, he establecido tres grupos de ecuaciones de la forma:

$$v = k + Ad + Bd^2;$$

en la que k representa la velocidad a la distancia de un millón de parsecs. Los números entre paréntesis, adelante de los valores de la velocidad radial, indican el grupo que forma la ecuación.

- (1) $252 = k + 0.57 A + 0.32 B$
- (2) $508 = k + 1.27 A + 1.61 B$
- (3) $924 = k + 1.74 A + 3.03 B$

De éstas se obtiene: $k = +371 \pm 12$ km. $A = -444$ y $B^2 = 438$.

Hubble y Landmark, discutiendo un número mayor de observaciones, han obtenido resultados que varían entre 465 y 513 km., para velocidad correspondiente a la distancia de un millón de parsecs. Hay que tener en cuenta que la solución anterior representa un valor medio, sin tener en cuenta la dirección del movimiento, y por eso mi resultado difiere del de los dos astrónomos mencionados.

Si se mide la velocidad radial de una nebulosa, se podrá resolver el problema inverso: encontrar la distancia de una nebulosa cuando se conoce su velocidad radial, como se ha hecho. Los valores sirven sólo para dar idea de la paralaje, sin que se pueda, en ciertos casos, tener una confirmación.

La mayor velocidad radial obtenida hasta hoy es la de la Nebulosa 7619 del Catálogo General, que es de $+3910$ km. seg., y cabe ahora preguntar si estas velocidades fantásticas son reales o provienen de algún otro efecto que produzca desalojamiento de las rayas espectrales.

La primera idea que ocurre es la de que un medio interestelar presenta resistencia a la energía radiante y que produzca un efecto análogo al Doppler. La velocidad radial se obtiene por $v = C \frac{\delta\lambda}{\lambda}$, siendo C

la velocidad de la luz, 299,976 k/s y λ la longitud de onda de la raya, desalojada $\delta\lambda$. Si el astro y el observador estuviesen en movimiento, entonces $C = \frac{\lambda(a+v) + v\delta\lambda}{\delta\lambda}$ y un ligero cálculo muestra que, dando va-

lores de 30 y 300 km., para a y v , respectivamente, y 66 unidades para $\delta\lambda$, se tendría para $C = 250,300$ km., valor inaceptable para velocidad de la luz. No es, pues, admisible que un cambio de velocidad sea la causa del desalojamiento de las rayas espectrales, tanto más que, de acuerdo con la teoría de relatividad, se admite una constancia en la velocidad de la luz. Es otra razón, sin duda, la causa de este aumento de velocidad radial con la distancia que los relativistas explican diciendo que se debe a la curvatura del espacio ocupado por una masa. Aceptando la existencia de masas en el seno de nuestra Galaxi, es indudable que ésta debe absorber cierta cantidad de luz, que se traduce en menor magnitud aparente para las estrellas o enjambres mientras más lejanos se encuentren de nosotros, lo que a la postre hace tener resultados erróneos en cuanto a la distancia.

En efecto: uno de los medios de que se valen los astrónomos para asignar una paralaje a una nebulosa, es la medida de la magnitud

aparente de una estrella nueva aparecida en el seno de la nebulosa, presumiendo que las magnitudes absolutas de esas novas sean iguales a las que han aparecido dentro de nuestro sistema estelar. Curtiss, en 1919, señaló la importancia de ellas y fue el primero que aplicó la medida de la magnitud aparente de una nova; una de estas estrellas apareció en la nebulosa de Andrómeda con un brillo 10 veces menor que una nueva en la Vía Láctea, y dedujo que su distancia debía ser 100 veces mayor que el radio de la Galaxi, es decir, de millones de años luz. La relación entre la magnitud absoluta M , la aparente m y la paralaje es: $M = m + 5 \log \pi$; de donde se deduce la paralaje π , cuando se determina M y se mide m .

La observación de las estrellas de tipo Cefeida proporciona un medio de estimar indirectamente la distancia, puesto que la relación entre la magnitud absoluta y el período, proporciona una ecuación de la forma anterior. Ahora bien, si se han determinado por otros métodos, tanto la paralaje como la magnitud absoluta de un astro, se podrá determinar la aparente m y los residuos serán función de la absorción de la luz; debe por tanto, introducirse un término correctivo de la forma $\frac{a}{\pi}$, siendo a el coeficiente de absorción, en magnitud por parsec.

W. de Sitter indicó el procedimiento siguiente que, como un ensayo, apliqué en el Observatorio de Tacubaya el año próximo pasado. Shapley, Director del Observatorio de Harvard, supone que todos los enjambres globulares tienen el mismo diámetro lineal y que, por tanto, el angular está ligado a la paralaje por la relación: $d = D \cdot \pi \dots (1)$; si se acepta esta hipótesis, entonces el diámetro angular d permitirá calcular π .

La relación $M = m + 5 \log \pi_1$ en la que π_1 es el valor de la paralaje deducida por Shapley, es correcta siempre que la absorción de luz en el espacio sea despreciable, pero si existiese, entonces la verdadera

expresión sería: $M = m + 5 \log \pi - \frac{a}{\pi}$ y por tanto

$$5 \log \pi_1 = 5 \log \pi - \frac{a}{\pi} \text{ o } \log \frac{\pi}{\pi_1} = \frac{a}{5\pi}$$

Para establecer las ecuaciones de condición que permitan conocer a , se escribiría: $\pi = \pi_1 + \beta$ y por tanto

$$\log \pi_1 - \log (\pi - \beta) = \frac{a}{5\pi}; \text{ desarrollando en serie y limitándose a los}$$

términos de 2º orden:

$$\frac{\beta}{\pi} + \frac{1}{2} \frac{\beta^2}{\pi^2} = \frac{a}{5\pi} \times \frac{1}{\text{mod.}}$$

y para una solución aproximada basta con: $\frac{\beta}{\pi} = \frac{a}{5\pi} \times \frac{1}{\text{mod.}}$

Para valores de π comprendidos entre 0''.00003 y 0''.00015, se obtiene:

$$\beta = \frac{a}{5 \text{ mod.}} = 0.462 a \text{ y } \pi = \pi_1 + 0.462 a,$$

que, sustituido en (1) permite obtener finalmente: $d = D_{\pi_1} (+ 0.462 a)$.

En una de las placas expuestas en el Observatorio, el diámetro del enjambre ω Centauri aparece de 9' con una exposición de 40 minutos, que de ninguna manera representa el verdadero, ya que, según investigaciones hechas en otros observatorios, su diámetro es alrededor de 40'.

Con este último valor se obtiene para a , coeficiente de absorción: $a = 0.0000355$ por parsec, según Van Rhyn.

Ultimamente P. Van Kamp y Trumpler han estudiado este problema siguiendo caminos semejantes al indicado y han llegado a conclusiones que muestran que la absorción de luz puede llegar a ser entre 0.35 a 0.67 de magnitud por 1,000 parsecs.

Estas correcciones, aplicadas a las magnitudes aparentes de enjambres y nebulosas galácticas determinadas antes y que han servido para calcular las dimensiones de nuestro Universo sideral, indudablemente que nos señalarán otras dimensiones menores que, tal vez, hagan reducirlas a sólo unos 2,000 por 20,000 años luz.